



a. hydr. 1120

Weber

a. hydr. 1120

Weber

Die
Stabilität des Gefüges
der
Eisenbahn-Gleise.

Eisenbahn-Gleise

Stabilität des Geländes

Die
Stabilität des Gefüges
der
Eisenbahn-Gleise.

Historische und experimentative Ermittlungen

von

M. M. Freih. von Weber,
Ingenieur,
Königl. Sächs. Finanzrath und Staats-Eisenbahn-Direktor.

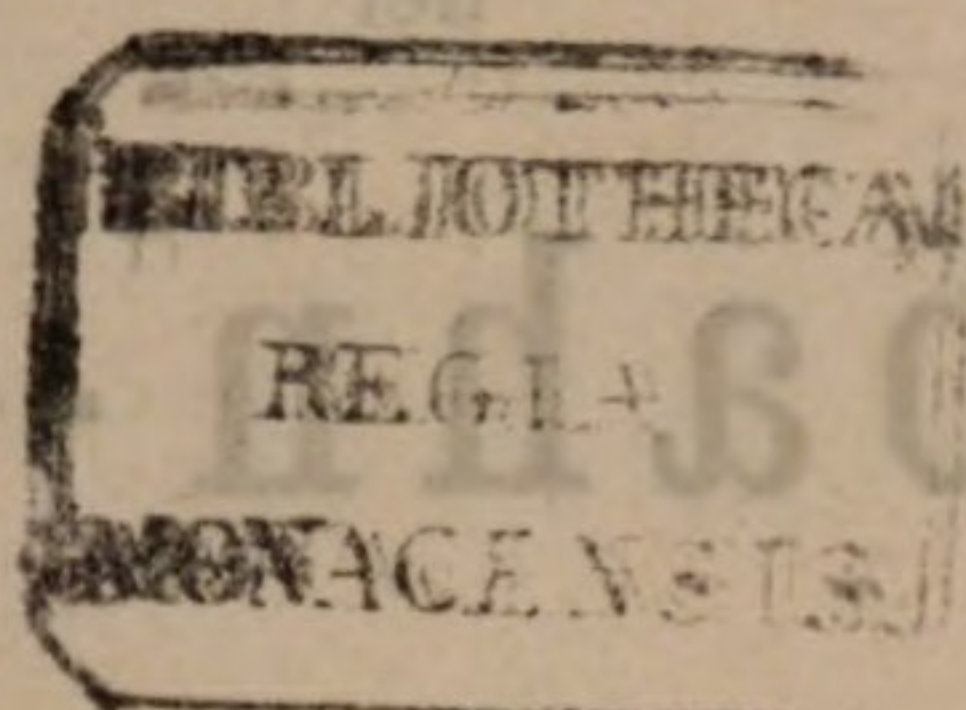
C'est à mesure du plus au moins de zèle
qu'ils mettent à l'étude des questions,
au juste emploi des talents dont ils
disposent, qu'on voit s'élever ou décliner
les états et les entreprises industrielles.
J. B. Say.

Mit 31 Illustrationen und 9 Folio-Tafeln.

W e i m a r , 1 8 6 9 .

Bernhard Friedrich Voigt.

Stabilität des Gefüges



Historische und experimentelle Ermittlungen

von

M. M. Freih. von Weber,

Lehrer an der

Königl. Sachs. Polytechnischen Schule in Chemnitz.

C'est à mesure du plus au moins de zèle
qu'il faut mettre à l'étude des questions
qui sont en jeu dans les sciences dont il
s'agit, et on voit à l'évidence que les
résultats et les conclusions politiques
sont d'autant plus sûrs que le zèle est plus grand.

Mit 21 Illustrationen und 9 Holzschnitten.

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen bleibt vorbehalten.

Weimar, 1863.

Verlag von Friedrich Voigt.

Dem

Königl. Preuss. Ober-Bau-Direktor

Herrn Theodor Weishaupt

in hoher Verehrung zugeeignet

vom Verfasser.

1844

Königl. Preuss. Ober-Hoch-Schule

Herrn Theodor Weismann

in hoher Verehrung zugeeignet

von

Hochverehrter Herr Ober-Bau-Direktor!

Wenn ich mir gestatte, Ihren allgemein so hochgehaltenen Namen diesem kleinen Werke vorzusetzen, so geschieht dies nicht nur, um meinem Buche diesen Schmuck zu verleihen, oder um warmer Dankbarkeit einen schwachen Ausdruck zu gewähren, sondern weil er recht eigentlich und selbstverständlich dahin gehört, wo von redlichem Forschen in demjenigen Bereiche gehandelt wird, dem Sie mit so grosser Auszeichnung angehören.

Sie selbst haben in eigenen Arbeiten mustergültige Beispiele technischer Erörterungen geliefert, aber weit dankbarer noch, als dies, erkennt die technische Welt die Anregung an, die Sie zu Forschungen gegeben, den Schutz, den Sie bescheidenen Arbeiten haben angedeihen lassen.

Niemand weiss besser, als Sie, dass es vornehmlich zwei Dinge sind, die Ihr Vaterland im Frieden wie im Kriege jetzt in der ersten Reihe der Nationen schreiten lassen. Es sind: das sorgsame Studium der Fragen und die neidlose Verwerthung der Talente.

Zu jeder Zeit haben wir die Völker, Länder und Unternehmungen, welche die Tagesfragen tief und mit Aufwand

aller Kraft erörterten, die Talente hierfür zu finden und zu benutzen wussten, steigen und blühen, diejenigen aber, die dies vernachlässigten, an der Krankheit der Altersschwäche, der Mittelmässigkeit, verkümmern sehen.

Von allen Erscheinungen des Friedens bedarf das Eisenbahnwesen der Pflege durch das Fragenstudium am allermeisten, vermöge der Komplikation seiner organischen Elemente, der Macht und Tragweite seiner Einflüsse und der der Reifung bedürftigen Jugendlichkeit seines ganzen Wesens.

Das erfolgreiche Studium einer Erscheinung erfordert aber eben so kategorisch eine klare Stellung der Frage, als eine bedeutsame Intelligenz und einen scharfen Sinn zum Hören und Lesen der Antworten.

Die Natur ist stets redlich gegen den Redlichen, sie ertheilt stets auf ehrlich und klar an sie gerichtete Fragen unumwundene und wahre Auskunft, aber sie belügt den Lügner, der sich oder andere im Verkehr mit ihr zu täuschen sucht.

Zum Studium jeder Frage gehört mit einem Worte der geeignete Mann, der Mann, der sie geistvoll erfasst und der es gut mit der Sache meint.

Dieser Mann ist nicht immer leicht zu finden. Die Technik ist in unsern Tagen keine Kabbala mehr, in der das Wort des Adepten allein gilt, und der wahrhaft tüchtige gebildete Techniker versteckt sich nicht mehr feig hinter den krausen Mechanismus und den Jargon des Metiers, um das Publikum oder vorgesetzte Laienbehörden von diesem Hinterhalte aus durch Orakelsprüche zu verblüffen, sondern er wird in den meisten Fällen, wo es gilt, die Nothwendigkeit des Studiums einer Frage oder die Resultate

tate eines solchen gebildeten Laien zugänglich zu machen, im Stande sein, das klar Erkannte auch dem nichtfachlichen Erkenntnisvermögen klar darzulegen. Aber der Bewährte darf auch verlangen, dass da, wo diese Füglichkeit aufhört, von ihm einmal keine Ueberzeugung gefordert, sondern ihm Glauben gewährt werde.

Jedes Studium einer technischen Frage bildet eine Mosaik, bei der sich das Bild, das Resultat, zusammensetzt: entweder aus Thatsachen, die aus den Erscheinungen des Erfahrungslebens gesondert und systematisch geordnet sind; oder aus Reihen von Experimenten.

Das Experiment aber ist ein scharfes, zweischneidiges Instrument, mit dem der Geschickte und Redliche Herrliches schaffen kann, mit dem aber Unberufene sich und andere verletzen und lügenhafte Frazzen schnitzen.

Nichts ist leichter und verlockender, als die eigne, *a priori* gefasste Meinung, aus der Flucht der Experimentreihen siegreich hervortreten zu lassen, nichts ist daher häufiger in der technischen Welt, als das absichtlich, oder durch Selbsttäuschung gefälschte Experiment. Nur tiefgehende ethische und universale Bildung, neben der fachlichen, giebt einige Gewähr für das Vorhandensein jener Selbstverläugnung, jener Reinheit des Willens, und jenes von den Schlacken und dem Kurzblicke des Handwerkes geläuterte fachliche Können, die zusammen erst die Fähigkeit verleihen, bedeutsame Fragen endgültig zur Lösung zu führen.

Es kann eben Niemand ein ganzer Techniker sein, der nicht ein ganzer Mensch ist!

Unglaublich viele, ja die meisten in das Grosse mit mächtigem Aufwand von Geld, Zeit und Kräften durchge-

führte Fehler, unzweckmässige Organisationen technischer Behörden, fehlerhafte Anlagen ganzer Bahnen und Einrichtungen und irrige Konstruktionen sind die Folgen ungenügenden, unreinen oder durch die ungeeignete Individualität ausgeführten Erörterns der Fragen.

Wie aber im Kriege der Neuzeit fast stets derjenige des Sieges gewiss ist, dessen Studium der Kräfte, des Terrains und dessen Kampfplan fertig sind vor der Aktion, so sind die technischen Institute des Rückschrittes und des Ueberholtwerdens sicher, in deren Mitte es nicht ein starkes, durch sorgsames Studium der Fragen geregeltes, treibendes Element giebt, das den Fortschritt, fest vorgezeichnet, fortwährend den Leitern vor Augen legt.

Banal, und von talentloser Nichtbeachtung des Ganges der Zeiterscheinung zeugend ist die häufig aus dem Schlendrian des alten Administrationsmechanismus heraus-tönende Aeusserung: „Diese oder jene Verbesserung, dieser oder jener Fortschritt wäre, ohne diese oder jene Anregung von dem und dem, auch gekommen.“

Aber wann! das ist die Frage unserer Zeit. Eine Kopflänge, eine Schlendriansminute hinter der Front der Besten zurückbleiben, heisst fast stets für immer „zu den Maroden“ gehören.

Es ist Sache der edelsten, aber auch leider seltensten Gattung des Genies, des Genies des Vertrauens, das seine praktische Darlebung im Direktionstalente findet, im Kreise jeder technischen Verwaltung die Begabungen zu entdecken und zu verwerthen, die vor Allem geeignet sind, das Ganze ihres Wirkungsbereiches durch reines Studium der Fragen zu stützen, durch endgültige Schlussziehung aus demselben zu beleben und auf der Höhe der Zeit zu halten.

Unterlassungssünden in dieser Beziehung fallen nie auf den Besitzer der Talente, sondern nur auf die Nichtbenutzenden zurück. Weder auf Columbus noch Galilei ruht die Schmach, dass die finstern und beschränkten Sodalen der Kollegien zu Salamanka und Siena sie für Narren erklärten, als sie ihnen die Resultate der Studien ihrer gewaltigen Fragen vorlegten!

Die technische Welt hat noch nicht Verachtung genug für unter unreinen Einflüssen ausgeführte Studien bedeutender Fragen, für Maassnahmen, die, auf ungenügende Studien basirt, leichtfertig pekuniäre und intellektuelle Kräfte in die Schanze schlagen.

Es ist daher an jedem, es mit dem Fache und der Wahrheit redlichmeinenden Behördenvorstande, frei von kleinlichen Nebenempfindungen, das was vom Genie des Vertrauens in ihm ist, zu entwickeln; vor allem aber an jedem Techniker sich selbst zu überwachen, wenn er erörtert und experimentirt, dass er nur die Wahrheit zur Antwort auf seine Fragen erhalten wolle. — —

Vielleicht hat die nachstehende kleine, aber mühsame, zeitraubende und anspannende Arbeit kein anderes Verdienst, als in diesem Sinne unternommen und ausgeführt zu sein.

Sie wurde zunächst veranlasst durch eingehende Erörterungen über einige Ausgleisungen in freier Bahn, für die sich keine genügende Erklärung auffinden liess. — —

Das Beispiel, das Sie, hochverehrter Herr Ober-Baudirektor, bei Ihren umfassenden, unglaublich mühsamen und talentvoll durchgeführten Studien über die Stabilität der Schienen gegeben haben, hat mit dazu beigetragen, mich keine Mühe scheuen zu lassen, die zu einem klaren ein-

leuchtenden Resultate führen konnte und bei keinem der halben Tausend Versuche, welche die nachstehenden Erörterungen umfassen, habe ich, um Täuschungen, so viel immer möglich, zu vermeiden, unterlassen, die Skalen selbst abzulesen, den Hebel der Presse mit eigener Hand zu bewegen.

Gern erfülle ich die Pflicht, mit Dank zu erwähnen, wie wirksam, eifrig und mit besten technischen Streben ich bei meinen Arbeiten durch den Herrn Maschinen-Ingenieur Lochner hieselbst unterstützt worden bin.

Nichts wünsche ich sehnlicher, hochverehrter Herr Ober-Baudirektor, — im Sinne jenes allbekannten Schiller'schen Spruches — als dass meine Tendenz Ihrer Zustimmung, meine Arbeit Ihres Beifalls nicht ganz entbehren möge.

Dresden, im Juli 1869.

M. M. von Weber.

Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Einleitung	1
Allgemeine Anschauung	—
Modeströmungen in den Ideen	—
Charakter des Land- und Wasserwegs, Land- und Wasser- Lokomotionsmittels	2
Tendenz der ersten Eisenbahn	4
Zurückbleiben der Konstruktion des Gleises gegen die der Fuhrwerke	5
Ursachen hiervon	—
Nächster Schritt der Entwicklung im eisernen Oberbau	6
Wege der Entwicklung	—
Subjektive Anschauungen	—
Statistik der Thatsachen	7
Das Experiment	—
Einflüsse subjektiver Ansichten	8
Oberbauverhältnisse, geeignetes Objekt für statistische Forschung	9
Preussische Statistik	10
Arbeiten der Kommission der Versammlung deutscher Eisenbahn-Techniker	—
Experimentative Ermittlungen	11
Lücken derselben	12
Mangel an Ermittlungen über den Zusammenhalt der Gleise Ermittlungen über Widerstandsfähigkeit der Schienen und deren Längenverbindungen	13
P. Barlow, Th. Weishaupt, A. Malberg	14
Ermittlungen über Haltkraft der Nägel im Holz	15
Tendenz vorliegender Schrift	16
Veranlassung zu derselben	—
Schwierigkeiten der Beobachtung	17

Erste Abtheilung.

Historische Entwicklung der Kenntniss vom Zusammen-
halte der Gleise durch die Praxis des Eisenbahnbetriebes.

	Seite
Doppelter Ursprung der Spurbahnen	19
Gradführungen in Bergwerken	—
Der „Hunt“	20
Die Bohlenbahn	—
Charakter der unter- und oberirdischen Spurbahn	21
Oberbau der unter- und oberirdischen Bahnen	22
Erste Anwendung von Eisen bei den Grubenbahnen	23
Erstes Eisen auf Strassenspurbahnen	—
Erster ganzeiserner Oberbau	24
Curr's Spurkranzschiene	25
Erste Querschwellenbahn	—
Erste Ausweiche auf Spurbahnen	—
Ursprung des allgemeinen Spurmaasses	—
Erste Steinwürfelbahn	26
Intermittirende Träger ohne Spurverbindung	—
Outram's Fischbauchförmige Schienen	—
Erste eiserne Schwelle	27
Strassen-Spurbahnen mit flachen Schienen und Spur- kränzen an den Rädern	28
Lord Penrhyn's Bahnen	—
Schienen mit pilzförmigem Querschnitte	—
Erste gusseiserne Chairs	—
Holzdübelbefestigung auf Steinwürfeln	—
Bolzenstossverbindung im Chair mit stumpfen Schienen- enden	—
Mit überblatteten Schienenenden	—
Gelenkstossverbindung	29
Diagonale Stellung der Stützwürfel	—
von Dechen's Untersuchungen gusseiserner Schienen	—
Erste schmiedeeiserne Schienen mit quadratischem Querschnitte	30
Erste übermehrere Stützpunkte hinwegreichende Schienen	—
John Berkinshaw erfindet 1820 das Schienenwalzen	31
Irrthümer bei Konstruktion der gewalzten Schienen	—
Gewalzte Schienen mit pilzförmigem Querschnitte und Fischbauchform	32
Losh's Fischbauchschiene mit Leisten an der Rippe	—
Unsymmetrisches Profil wegen Befestigung der Schienen in dem Stuhle	—
Gewalzte Schienen mit paralleler Ober- und Unterfläche	32
Erste ausgedehnte Anwendung von Parallelschienen	—
Erste breitbasige Schiene	33
Erster Oberbau mit breitbasiger Schiene und Querschwellen	34
Breitbasige Schienen auf Steinwürfeln	—
Näherlegung der Schienenstützpunkte an den Stössen	—

	Seite
Breitbasige Schienen auf Langschwellen und Querschwellen als Spurerhalter	—
Erste Anwendung der Vignoles-Schiene auf Querschwellen im Grossen beim Oberbau der Leipzig-Dresdner Eisenbahn	35
Theodor Kunz's Verdienste	—
Entwicklung der Elemente der Schienenverbindung	36
Der eiserne Keil im gusseisernen Stuhle	37
Schienenkuppelung der Stockton-Darlington-Bahn	—
Spitze und Keil im gusseisernen Stuhl	38
Schienenkuppelung mit verdrücktem Schienenhals von Losh Lösung der festesten Zusammenfügungen ohne elastische Elemente	—
Der elastische Keil	39
Der Keil auf der Innenseite der Schiene	—
Der Keil auf der Aussenseite der Schienen	—
Der gedörrte, gesottene, gepresste Holzkeil. Der elastische Metallkeil	40
Verschiebung der Gleise beim Betriebe in Längenrich- tung der Schienen	—
Erste Zusammenfügung der breitbasigen Schienen	—
Stossplatte mit Rand und Nagel	—
Erste Mittel zur Verhinderung der Längenverschiebung der Schienen	41
Einklinkungen der Schienen	42
Stuhlverbindung an breitbasigen Schienen	—
Zwischenunterlagsplatten an andern als den Stossstellen Einseitiger gusseiserner Stuhl und Bolzen zur Verbin- dung breitbasiger Schienen	43
Gusseiserner Stuhl und Keil zu gleicher Verbindung	—
Unterlagsplatte und Bolzen	—
Nagelung durch den Schienenfuss	—
Stuhl und Holzkeil zur Kuppelung breitbasiger Schienen Stuhl und runder Doppelkeil zur Kuppelung der breit- basigen Schiene	44
Das Bedürfniss der Verlaschung der Gleise und die da- von gehegten Erwartungen	45
Busse's und Breithaupt's mehrtheilige Schienen	45
Erste Laschenkuppelung	46
Erste Doppellaschen auf der Taff-Vale Bahn in England Schwebender Stoss	47
Keilförmiger Laschenanschluss	—
Gegenmuttern auf den Laschenbolzen	48
Profilirte Laschen mit Nuth	—
Muttern auf der Innenseite der Gleise	—
Erste Laschenverbindungen in Deutschland	49
Komplicirte Laschenkonstruktion	—
Die konische Lasche	50
Konische Laschen an breitbasigen Schienen	—
Beste Maassnahmen gegen das Losewerden der Stoss- verbindungen	—
Ausbreitung der Laschenkuppelung	52

	Seite
Stagnanz in den Methoden der Schienenbefestigung auf den Schwellen	—
Aelteste Befestigung der Stühle auf Steinwürfeln	52
Uebelstände dieser Befestigungsmethoden	—
Holzschraube und Bolzen	—
Die Holzdübelverbindung	54
Die meiselförmige Nagelspitze	55
Verbreiteter Schienenfuss	56
Die Zwischen-Unterlagsplatte	—
Widerstände der Gleise im Boden	59
Die Bettung	—
Die Bettung aus scharfkantigen Mineralien	60
Schlackenbettungen der ältesten Spurbahnen	—
Aelteste amerikanische Bahnen ohne Bettung ausgeführt	61
Aelteste Würfelbahnen ohne Bettung	—
Mauerförmige Bettung der Liverpool-Manchester Bahn	—
Festgerammte Würfel Stephenson's	—
Georg Stephenson's Bettung für Schwellenoberbau	62
Amerikanische Einflüsse auf die Konstruktion der frühesten deutschen Bettungen	63
Amerikanisches Bettungssystem	—
Erste Bettungsform auf deutschen Bahnen	64
Fehler des Nichtbedeckens der Schwellen	65
Irrthümer in Bezug auf die Wirksamkeit des Banketts	66
Aelteste Würfelbahnen ohne Spurverbindung	—
Erste Spurverbindungen der Steinwürfelbahn	67
Druckflächen der Oberbaukonstruktion gegen den Boden	68
Geringe Vermehrung der Stützfläche des Oberbaues gegen den Boden bei Vermehrung des Betriebsmittelgewichtes	69
Seitlicher Widerstand der Gleise im Boden	—
Vorschlagpfähle etc.	70
Biegen der Schienen	72
Wirksamkeit der Versammlung deutscher Techniker zu München 1868	—
Vergebliche Bestrebungen bei Entwicklung der Oberbaukonstruktion	80
Grundidee des fortbildbaren Oberbaues	81
Direktor Buresch's Referat	82

Zweite Abtheilung.

Entwicklung der Kenntniss vom Zusammenhalte und Widerstände der Gleise auf experimentativem Wege.

Das Experiment	88
Vier Hauptrichtungen der Beobachtungen	89
I. Stabilität der Schiene	90
Die Stabilität der Schienen häufig erörtert	—
Komplikation der Untersuchungen	—
Stephenson über Schienenkonstruktion	91

	Seite
Allgemeine Schienenform unmöglich	92
Peter Barlow's Versuche	—
Der Barlow'sche Deflektometer	93
Irrige Registrirung des „Deflektometer“	94
Resultate der Barlow'schen Versuche	96
Barlow's praktische Schiene	—
Barlow's Pendelrad	98
Theodor Weishaupt's Versuche	99
Studien der K. Preuss. Eisenbahn-Verwaltung über die Wahl eines Schienenprofils	—
Apparat zu Weishaupt's Versuchen	—
Bei Weishaupt's Versuchen geprüfte Schienen	100
Resultate von Weishaupt's Experimenten	101
Entscheidender Einfluss dieser Versuche auf die deutsche Eisenbahn-Technik	102
Malberg's Experimente	—
Experimente zur Ermittlung der seitlichen Widerstands- fähigkeit des Steges der Schiene	103
Versuche des Verfassers in dieser Richtung	—
Prinzip derselben	—
Resultat der Versuche: Die Dimension des Stegs aller üblichen Schienenprofile überreichlich genügend, ja überschüssig	106
A. Wöhler's Experimente	107
Resultate von Wöhler's Versuchen	108
Versuche der Köln-Mindner Eisenbahn-Gesellschaft	—
Praktische Resultate der Köln-Mindner Versuche	109
Resultate der Experimente in Bezug auf die Stabilität des Gefüges der Gleise	—
II. Stabilität der Laschen-Verbindungen	111
Zweck der Stossverbindungen und ihre Eigenschaften	—
Stuhlkuppelung und Laschenkuppelung	—
Barlow's Untersuchungen der Schienenverbindungen	112
Experimentative Untersuchung der Laschenkuppelung	113
Th. Weishaupt's Ermittlungen	—
Laschenkuppelungen weit weniger steif als die zugehöri- gen Schienen	114
A. Malberg's Erörterungen	115
Grössere Steifigkeit der Stahllaschen	118
Der unterschrittene Schienenkopf	—
Die konvexe Lasche	—
Die konische Lasche	119
M. M. v. Weber's Untersuchungen	—
Verhältniss zwischen Steifigkeit von Schienen - und Laschenkuppelung	120
Defiguration der Laschen	121
Ermittelung der Stützungsverhältnisse der Schienen	—
III. Stabilität der Gleise gegen Bestrebungen, sie in ihrer Gesammtheit zu verschieben	124
Auftreten der Erscheinungen	—
Verschiebungen beim Uebergange in Kurven	—
Verschiebungen in geraden Linien	125

	Seite
Unthunlichkeit, die Maasse der dabei auftretenden Kräfte zu bestimmen	—
Mangel an experimentativen Ermittlungen in Bezug auf die Gleisverschiebungen	126
Fragestellung bei den Experimenten über Verschiebung der Gleise	127
Apparat zu den Experimenten	—
Experimente in Betreff der Fragen <i>A, a</i> und <i>b</i>	129
Verschiebung einer einzelnen Schiene	130
Verschiebung der Stossschwellen von im Verband liegendem Gleise	—
Verschiebung von Mittelschwellen im dichten Granitgrus gelagert	132
Experimente zur Beantwortung der Frage <i>A, c</i>	—
Widerstand unbelasteter Gleise im Boden sehr gering	133
Bodengattung von wenig Einfluss darauf	134
Nachgeben der Adhäsion zwischen Schwelle und Boden	—
Verschiebung der Schwellen ohne Hinterfüllung	135
Erscheinungen im Boden bei der Schwellenverdrückung	136
Hinterfüllung der Schwellen fast ohne Einfluss	137
Gleis stellt seine Lage bei nicht hinterfüllten Schwellen fast ganz wieder her	—
Experimente zur Beantwortung der Frage <i>A, d</i>	138
Bedingungen für diese Versuche	—
Verschiebung mit einer Lokomotive belasteter Gleise	—
Widerstand durch die Belastung um das Zehnfache erhöht	139
Widerstand genau der Belastung des Bodens proportional	—
Bestätigung dieses Satzes	140
Fortsetzung	141
Widerstand der Gleise gegen seitliche Verschiebung im Boden proportional der Belastung des Bodens	142
Experimente zur Beantwortung der Frage <i>A, e</i>	—
Verschiedenheit der Ansichten über den Nutzen der Vorschlagpfähle (Vorsetzsteine)	—
Umstände, die Einfluss auf die Widerstandsfähigkeit der Vorschlagpfähle haben	143
Art der Anstellung der Versuche und dabei beobachtete Grundsätze	144
Leichte Verschieblichkeit der Pfähle bis zu 10 Millim. Verdrückung	—
Widerstand der Vorschlagpfähle in leichtem Boden sehr gering	147
In schwerem Boden wesentlich grösser	—
Wächst in anderm Verhältniss als die Länge der Pfähle	148
Die Anzeigen der Verdrückung verschwinden unter gewissen Verhältnissen	—
IV. Stabilität des Gleises gegen Verdrückung der Schienen auf den Schwellen	—
Verhalten der Schienen in Bezug auf ihre Unterlagen	—
Kräfte, welche die Schienen in ihrer Lage halten	—
Zusammendrückung der Schwellen	149

	Seite
Kräfte, welche erforderlich sind, eine Schiene auf ihrer Unterlage zu verdrücken	150
Kräfte, welche zum Ausziehen der Nägel gehören	—
Kräfte, welche zur Ueberwindung sämmtlicher Haltkräfte der Gleise gehören	—
Vorkommen der Fragefälle	—
Experimente zur Beantwortung der Frage <i>B, a</i>	151
Zusammendrückung der Schwellen durch ruhende Belastung	—
Zusammendrückung der Schwellen durch bewegte Belastung	—
Verfahren bei den Experimenten	152
Veränderungen des Holzes bei der Benutzung	153
Beeinflussung der Versuche	157
Deterioration des Schwellenholzes durch mechanische Einflüsse des Betriebes	—
Maasse der Zusammendrückbarkeit	158
Zusammendrückbarkeit vermehrt sich durch Gebrauch	—
Vertheilung des Drucks erforderlich	—
Vermehrung der Schwellen verwerflich	—
Widerstandsfähigkeit weicher Hölzer nicht ansreichend, seitliche Eindrücke zu hindern	—
Zerstörung des Holzgefüges durch Benutzung	159
Zusammendrückung der Schwellen bei bewegter Belastung	159
Schwierigkeiten und Fehlerquellen bei den Beobachtungen	—
Beobachtungsapparat	160
Maasse der Zusammendrückung	162
Einheit des Zusammendrückungsmaasses	163
Wirkung ruhenden und bewegten Druckes in Bezug auf Zusammenpressung der Schwellen gleich	—
Einpressung in den Boden sehr gering	—
Zusammendrückung per Einheitsfläche	—
Experimente zur Beantwortung der Frage <i>B, b</i>	164
Elemente der Unsicherheit der Experimente	—
Widerstand der Nägel gegen Horizontaldruck sehr gering	168
Zunahme der Verschieblichkeit der Nägel	—
Experimente zur Beantwortung der Frage <i>B, c</i>	—
Wichtigkeit dieser Frage	—
Natur der betreffenden Betriebseinwirkungen	169
Form der Einwirkungen	—
Form der Verdrückung	171
Frühere Experimente	172
Frühere Versuche	—
Karmarsch's Ermittlungen	—
v. Kaven's Versuche und Ermittlungen	173
Theoretische Erörterungen	—
Komplikation der Einwirkungen bei Aushebung der Schienennägel aus Holz	176
Resultate von v. Kaven's Versuchen	179
Oberbaurath Funk's Versuche	180
Versuche des Verfassers	192
Anwendung des Apparates	193
Dimensionen der Nägel	—

	Seite
Befestigung auf einer Kiefernschwelle	—
Befestigung auf einer Eichenschwelle	195
Befestigung auf zwei Kiefernschwellen	—
Befestigung auf zwei Eichenschwellen	196
Befestigung auf drei Kiefernschwellen	—
Befestigung auf drei Eichenschwellen	197
Befestigung auf vier Schwellen	—
Einheitsmaasse für das Festsitzen der Nägel	198
Ursachen der Differenzen mit den früheren Versuchen	199
Versuche zur Ermittlung der Uebertragung der Einwirkungen	—
Einwirkung auf komplettes Gleis	200
Druck auf die Mitte der Schiene	—
Einwirkung auf komplettes Gleis im Verband	201
Druck auf einen Stoss	—
Hinweise auf gefährliche Erscheinungen	202
Einwirkung auf komplettes Gleis ohne Verband. Druck auf beide Stösse	—
Versuche über die Wirkung der Unterlagsplatten	203
Art der Wirksamkeit der Unterlagsplatten	—
Schienen auf 3 Schwellen mit 4 Unterlagsplatten befestigt	204
Schienen auf 3 Schwellen mit 6 Unterlagsplatten befestigt	205
Schienen auf 2 Schwellen mit 4 Unterlagsplatten	206
Druck in der Mitte zwischen den Schwellen	—
Schienen auf 4 Schwellen mit 8 Unterlagsplatten befestigt	207
Schienen auf 5 Schwellen mit 10 Platten befestigt	—
Schienen auf 6 Schwellen mit 12 Platten befestigt	209
Kraftmaass zum Ausreissen der Nägel	210
Wenn die Kraft in der Achse des Nagels wirkt	—
Wenn die Kraft ziehend und drängend zugleich wirkt	—
Wiederholte Nagelungen	211
Spurerweiterungen innerhalb der Elasticität des Gleises	—
Schädigende Spurerweiterungen	—
Zerstörung des Zusammenhalts	—
Einflüsse der Kraftübertragung durch die Schienen	—
Verschwinden der Gleiserweiterungen	212
Widerstandsfähigkeit in und ausser Verband liegender Stösse	—
Einfluss der Unterlagsplatten	—
Anordnung der Unterlagsplatten	213
Experimente zur Beantwortung der Frage B, b	—
Unzulänglichkeit des Zusammenhalts der mechanischen Organe der Gleise	—
Die Reibung ein wesentliches Element des Zusammenhalts der Gleise	214
Zusammensetzung der Stabilität	—
Fundamentalversuch. Stabilität unbelasteten Gleises	215
Gleisstelle mit 145 Centnern belastet	—
Gleisstelle mit 220 Centner belastet	216
Mit 480 Centner belastetes Gleis mit gelüfteter Nagelung	—
Gleise mit verminderten Reibungskoeffizienten	192

	Seite
Bedeutsame Reduktion der Stabilität der Gleise bei Glatt-	
eis, Rauhfrost, schlüpfrigen Schienen	221
Räder und Achsen verbinden durch Reibung die Schie-	
nenköpfe	222
Vermehrung des Widerstandes durch Reibung gegen Um-	
kanten	—
Vermehrung des Widerstandes durch Reibung gegen Ver-	
schiebung	—
Widerstand in beiden Beziehungen durch Reibung ver-	
mehrt	—
Bedeutsame Folgerung	—
Zweite bedeutsame Folgerung	223
Lösung eines wichtigen Problems	—
Verwandlung der Vertikal- in Horizontal-Schwingung	—
Untersuchungen über die Gesamtbewegungen der Schie-	
nen unter dem Einflusse des Betriebes	224
Beobachtungen des Verhaltens der Gleise beim Betriebe	
zur Ergänzung der Experimente erforderlich	—
Relativ verschwindende Schienenverdrückungen	225
Absolut verschwindende Schienenverdrückungen	—
Schwierigkeiten der Messung	—
Einzelbeobachtungen unzureichend	226
Barlow's Ermittlungen	—
Untersuchungen des Verfassers mit zuverlässigeren Vor-	
kehrungen	229
Einzelbeobachtung über das Niedergehen der Schienen	
beim Befahren	—
Zusammensetzung des Maasses des Niedergehens der	
Schwellen	231
Maasse für die Widerstände aus der Eindrückung d. Gleise	
Anstellung von Dauerversuchen über die Verdrückung	
der Schienen beim Betriebe	233
Beobachtungsapparat des Verfassers. Diagrammhebel	134
Princip der Beobachtung	235
Aufklärung durch die Tabelle und die Diagramme über	
geheimnissvolle Unfälle	237
Gefährbringende Maassverhältnisse	—
Solidarität der Schienenstränge durch die Vermittelung	
der Räder und Achsen	238
Einflüsse der Schienenüberhöhung in Kurven	239
Schluss - und Endresultate	—
Zurückgelegter Weg	—
Allgemeine Ideen in dem Wahrgenommenen	—
Grenze der Leistungsfähigkeit der üblichen Oberbaukon-	
struktion erreicht	242
Fortlaufende eiserne Träger einzig korrekte Form des	
Eisenbahn - Oberbaues	—
Die durch Reibung erzeugte Stabilität nicht immer vor-	
handen	244
Oberbaukonstruktion der Zukunft	245

A n h a n g.

Experimentative Ermittlungen über den Wechsel der Belastung der Lokomotivachse beim Betriebe.

	Seite
Maximalwerthe der Einwirkungen des Betriebes auf die Gleise	246
Art der Einwirkungen	247
Schwierige Ermittlung lateraler Pressungen	248
Etwaige Methoden der Versuche über laterale Pressungen	—
Erörterung der Vertikal-Pressungen	249
Methode der Erörterungen	—
Resultate der Experimente	250
Nutzanwendungen der Resultate der Versuche	251
Wechsel der Belastungen der Räder	—
Maxima der Belastung	—
Ueberschreitungen der Belastungen	—
Minima der Belastung	—
Wirkungen der ermittelten Thatsachen	252
Differenz des Wechsels der Belastung bei Hinter- und Vorderrädern	253
Grösster Wechsel der Belastung bei der Schnellzugmaschine	—
Vermehrung der Gefahr der Ausgleisung	—
Relative Frequenz der Belastungsmaasse	254
Neue Methode der Erörterung dieser Maasse	—
Diagramme dieser Frequenz	—
Natur der Diagramme	255
Den Erörterungen entsprechendes Oberbausystem	256
Den Erörterungen entsprechendes Fuhrparksystem	—
Oberbau als Steifen-Langträger	—
Hartwich's System	—
Die vierräderige Lokomotive	257

Einleitung.

Wer die Entwicklung bedeutsamer und reichgegliederter Erscheinungen im Gebiete der Industrie und Technik mit Aufmerksamkeit und offenem vorurtheilsfreien Sinne verfolgt, der wird fast immer gewahr werden, dass sie sich niemals gleichzeitig und gleichmässig auf alle Organe des grossen Ganzen erstreckt, sondern dass einige derselben in auffallender Weise unbeachtet zu kümmern scheinen, während andere wieder unter allseitiger und eifriger Pflege ein fast überwucherndes Sonderleben zeigen. Allgemeine Anschauung

Je komplicirter der Organismus der Erscheinung, je vielseitiger die Intelligenzen, die darauf Einfluss üben können, um so deutlicher drängt sich diese Wahrnehmung auf, so dass es kaum möglich ist, sich den Gedanken fern zu halten, dass jene (man gestatte hier die Anwendung des Ausdrucks) Modeströmungen der Ideen und Bestrebungen, die sich in fast allen Bereichen der induktiven Wissenschaften, in oft so überraschender Weise, geltend gemacht haben und mehr oder weniger objektiv beobachtet worden sind, auch der Technik, als der praktischen Darlebung jener Wissenschaften, nicht fremd geblieben seien. Modeströmungen in den Ideen.

Nun giebt es im ganzen grossen Bereiche der Technik keine Branche, deren inneres Leben sich an KomPLICIRtheit auch nur entfernt mit dem des Eisenbahnwesens vergleichen könnte und es ist daher selbstverständlich, dass diese, so zu sagen, sprungweise Entwicklung einzelner Organe sich am grossen Ganzen desselben bestimmter darlegen, deutlicher beobachten lassen müsse, als an den allermeisten andern Zweigen der Technik.

Charakter
des Land- und
Wasserwegs,
Land- und
Wasser-
Lokomo-
tionsmittels.

Die Ausbildung der Verkehrsanstalten zu Lande und zu Wasser gewährt, besonders in den Uranfängen, ein anschauliches Bild der Bestrebungen, welche die Wechselwirkung der Natur des Wegs und der Lokomotionsmittel zur charakteristischen Gestaltung eines jeden von beiden hervorrufen musste.

Für Entwicklung des Landverkehrs fand sich, wenigstens bei primitiven Zuständen, das meiste Gegebene im Wesen der Lokomotionsmittel vor, die man theils a priori in Gestalt der eigenen Gliedmassen selbst besass, theils nach denen man nur seine starke Hand auszustrecken brauchte, um sie sich, in Gestalt von Sklaven und Lastthieren, dienstbar zu machen; der Weg hingegen war um so weniger ohne Weiteres zu finden, je reicher die Vegetation, die Gliederung des Landes durch Gebirg und Thal, Strom, Niederung und Meeresbucht in den zumeist die Kultur durch Klima und Bodenkonfiguration begünstigten Gegenden war. Der Weg zu Lande musste eben überall geschaffen werden.

Das Gegenstück hierzu gewährte der Wasserverkehr. Der zu Thal eilende Strom, das von bewegendem Winde bestrichene Meer, besonders an seichten Küsten und im stillen Golfe, sind Strassen von unvergleichlicher Leistungsfähigkeit, fertig zu unbeschränkter Benutzung von der Natur geliefert, aber das Lokomotionsmittel fehlte hier. Da wo das erste Floss, aus zwei Baumstämmen zusammengekuppelt, zum ersten Male einen Menschen von Ufer zu Ufer trug, war die Menschheit höher entwickelt, als da wo sich der erste Reiter auf das Pferd schwang, denn das

Fällen der Bäume, das Beobachten der Schwimmkraft des Holzes, das Zusammenkuppeln mit Bast oder dünnen Zweigen, das Lenken des Flosses sind technische Funktionen, zu deren Ausübung, so überaus einfach sie dem Kulturgewöhnten auch scheinen mögen, doch schon deren Vorgang der intellektuellen Thätigkeit so mancher Menschengeneration gehört. Da aber die gesammte Kulturthätigkeit der Menschheit eine specifisch ergänzende, die Lücken des Naturgegebenen ausfüllende, alles technische Erschaffen und Handeln aber stets nur die Folge eines Zwangs und Drangs von aussen her ist, so war es natürlich, dass die Entwicklung des Lokomotionsmittels auf der gegebenen Strasse dem Wasser, des Schiffs, der Schöpfung künstlicher Wasserstrassen, der Sicherung der natürlichen Wasserwege eben so weit vorseilte, als die Kunst Strassen herzurichten, auf denen der Marsch der Armeen und der Schritt der natürlichen animalischen Lokomotionsmittel sich bewegen konnte, derjenigen voranging, die rollende Fuhrwerke zu konstruiren, grössere Lasten mit verhältnissmässig kleinen Zugkräften zu transportiren lehrte. Lange ehe der erste Frachtwagen Güter von Ort zu Ort bewegte, weit länger noch ehe wirklich zum Reisen ständig benutztes Fuhrwerk den Menschen bequem von Ort zu Ort förderte, überspann ein Netz bewundernswürdiger Strassen die klassische Welt, streckten sich die Pfade der Inkas über die hohen Gebirgsrücken der Cordilleren und die Dämme der Caziquen durch die Niederungen Mexikos, überspannten kühne Brücken Ströme und Thäler. Ja, die bewundernswürdigen Strassen der neuen Welt, wo die Lokomotion durch die gegebenen, wohlfeilen, bequem zu leitenden Kräfte unzähliger Sklaven, dem Bedürfniss entsprechend, geschehen konnte, sind nie von den Rädern von Fuhrwerken berührt worden.

In ähnlicher Weise ist die Gestaltung der Organe des Eisenbahnwesens bedingt durch das äussere Gegebene, vor sich gegangen; unter dieses Gegebene reihte sich aber jederzeit wieder dasjenige von diesen Organen ein, das durch

darauf gewandte Mühe und Nachdenken einen solchen Grad der Vollkommenheit erlangt hatte, dass es dem augenblicklichen Bedürfniss vollständig genügte und daher auch als Gegebenes angesehen werden durfte.

Tendenz der
ersten
Eisenbahn.

Die ersten Eisenbahnen hatten, im Dienste der Bergwerke, schwere Lasten mit mässiger Geschwindigkeit von Berg zu Thal zu schaffen. Auf das wie und womit kam wenig an. Die Konstruktion des Fuhrwerks war von ganz untergeordneter Bedeutung, denn die Lokomotion war durch die kostenlose Schwerkraft gegeben, — aber der Weg, das war das „punctum saliens.“

Die intellektuelle Kraft, das erfindende Genie der Erbauer und Benutzer der ersten Eisenbahnen wandte sich daher naturgemäss der Verbesserung der Konstruktion des Weges und zwar, fast ein Jahrhundert lang, ausschliesslich zu, ehe man daran denken zu müssen glaubte, dass zur vollständigen Erreichung des Zwecks der Gleisbahnen auch eine zweckmässige Anordnung der Fuhrwerke von Nöthen sei.

Die Kunst Gleisbahnen zu bauen, die, zur Zeit ihres Entstehens, nicht wie heut zu Tage, unter der Pflege erleuchteter Intelligenzen, auf Zaubermänteln und mit Siebenmeilenstiefeln vorwärts reiste, sondern langsam im schwer kultivirbaren Boden der Geister schlichter *Engine men* und *Cart drivers* in weit von den Centren des Fortschritts abgelegenen Provinzen reifte, hatten schon drei der Hauptstadien ihrer primitiven Entwicklung durchlaufen, als der Transportkarren den ersten Schritt in der seinen that.

Als mit der Erfindung der gewalzten Schiene der Weg der Spurbahn ein relatives Maass von zeitentsprechender Vollkommenheit und die Fähigkeit erhalten hatte, nicht allein schwere, sondern auch schnelle Transporte zu vermitteln, kehrte sich das Verhältniss um.

Die Lokomotionsfähigkeit der gegebenen thierischen Kräfte war nicht weiter zu steigern und sichtlich hinter der Leistungskraft der Spurbahn mit gewalzten, in *Chairs*

ruhenden Schienen zurückgeblieben. Die Nothwendigkeit den Anlagen das Maximum ihrer Nützlichkeit abzugewinnen, musste daher anregend auf die schaffende und ausgleichende Intelligenz zurückwirken.

Die Lokomotion durch Dampf, zuerst im Sinne der Vermehrung der Massenbewegung verwendet, vollendete endlich durch die Beflügelung des Menschengeschlechts, den Schöpfungsakt des Eisenbahnwesens.

Die Erscheinung der pfeilgeschwinden Lokomotive, die mit behaglich ruhenden Menschen besetzten eilenden Wohnhäuser der bequemen Wagen, war zu neu für die kultivirte Welt, der Eindruck der Grösse der Erfindung des Lokomotionsmittels zu überwältigend, als dass nicht, über dem entbrennenden Wetteifer, die Muskeln des neuen Zauberrosses noch zugkräftiger, seine Flügel noch eilender zu machen, die unscheinbaren und offenbar auch weniger dringenden Bestrebungen, die Konstruktion des Wegs auf derselben Höhe mit der des Fuhrwerks zu halten, etwas an Intensität dagegen hätten verlieren sollen.

Zurück-
bleiben der
Konstruktion
des Gleises
gegen die
der Fuhr-
werke.

In dieser Phase seiner Entwicklung hat sich das Eisenbahnwesen bis auf unsere Tage herab befunden. Wir können uns nicht verhehlen, dass die Konstruktion der Bahn, des metallenen Weges selbst, an Solidität, Dauer und mechanischer Reife nicht auf gleicher Höhe mit der der Lokomotiven, Fuhrwerke und der Organisation des Betriebes steht.

Die anscheinende Einfachheit der dabei in Frage kommenden Elemente und mechanischen Organe, die Langsamkeit, mit der sich die Erscheinungen zeigen, durch welche die Einwirkungen des Betriebes auf die Mängel der Konstruktionsverhältnisse und die Richtungen hindeuten, wo es verbessernd einzugreifen gilt, die Ausdehnung und Kostspieligkeit, welche Experimente auf diesem Gebiete haben müssen, um maassgebend zu sein, die grosse Ausdauer und das selten gebotene, langwährende Verbleiben des Beobachters in demselben Erscheinungskreisen, haben hindernd

Ursachen
hiervon.

auf die Sammlung klarer, illustrierender Beobachtungsreihen und die Ziehung von sicheren Schlüssen aus denselben eingewirkt, haben sogar viele Befähigte davon abgehalten, ihre Strebkraft in dieser Richtung wirken zu lassen.

Nächster
Schritt der
Entwickelung
im eiser-
nen Oberbau.

In der That hatte die eigentliche Konstruktion des Oberbaues der Eisenbahn seit fast einem Vierteljahrhundert, verglichen mit dem rapiden Laufe der Ausbildung der andern Organe des Eisenbahnwesens, beinahe stillgestanden und sich nur auf Modifikation des Profils der Schienen und ihrer Verbindung erstreckt, ohne wesentliche und durchgreifende Neugestaltung der Anordnung des Ganzen. Erst in allerneuester Zeit ist der Anlauf zu dem Sprunge genommen worden, durch den sie ihre Vorläufer wieder einholen zu wollen scheint.

Bevor aber der ganz eiserne Oberbau sich als wirkliche Darlegung dieses Fortschritts der technischen Welt legitimiert haben wird, kann von den Bestrebungen nicht abgesehen werden, den Schwellenoberbau an Reife der mechanischen Konstruktion der Fuhrwerke ebenbürtig zu machen, die sich auf ihm bewegen.

Wege der
Entwickelung.

Um am direktesten und sichersten auf diesen Zweck loszuschreiten, muss die praktische Wissenschaft von drei Wegen, die sie bis jetzt, nach diesem Ziele hin gerichtet, zur Erörterung der einschlagenden Entwicklungs- und Konstruktions-Verhältnisse betreten hat, den einen fast ganz verbieten und dafür um so eifriger auf den andern beiden vorwärts streben.

Subjektive
An-
schauungen.

Jener erste und leider von der grossen Masse halbreifer Techniker am meisten frequentirte, auch weitaus bequemste Weg, ist der sogenannte „Eigen-Erfahrung“, denn unter diesem, das edelste geistige Besitzthum bezeichnenden Ausdrucke führt sich meist die Kundgebung unfertiger subjektiver Ansichten ein, die meist auf ungeordnet eingesammelten, in zu kleinen Beobachtungskreisen gelegentlich gemachten Bemerkungen basirt sind, aber sich oft

prätentiös genug und dem grossen Publikum, unter das in diesem Falle auf die nicht sachverständigen Mitglieder maassgebender Behörden zu rechnen sind, auch imponirend genug zu Markte bringt.

Diese Anschauungsform, die um so hartnäckiger zu sein pflegt, je niedriger die Stufe allgemeiner, und besonders logischer Bildung ist, auf der der betreffende Techniker steht, übt in der praktischen Wissenschaft aber so schädliche Einflüsse aus, wie die Dorfschulzen und Quadratmeilen-Herzogthums-Politik im Leben der Völker.

Die maassgebenden Behörden haben daher die Pflicht, zur Paralsirung dieser Einflüsse das Ihre zu thun, indem sie ihre Beschlüsse nur nach Fachmeinungen richten, deren Wohlbegründung auf genügende Thatsachen ihnen vorliegt.

Diese Wohlbegründung aber wird in ausserordentlich vielen Fällen in der Sphäre des technischen Lebens auf dem zweiten, sorgsamst zu kultivirenden Wege der praktisch wissenschaftlichen Forschung erzielt werden, dem einer geistvoll angelegten und gehandhabten Statistik der Vorgänge, welche den zu erörternden Fall beleuchten. Statistik der Thatsachen.

Die Statistik ist die in Zahlen ausgedrückte Erfahrung im Grossen, und der Schluss vom Grossen und Allgemeinen auf das Specielle wird immer sehr viel Chancen haben, der Wahrheit nahe zu kommen.

Der Weg ist nicht ohne Mühe; in der technischen Welt noch wenig gäng und gäbe und verlangt zu seiner geschickten und erfolgreichen Betretung des Talents und der Uebung, wie alle Pfade, die zu was Rechtem führen. Es ist aber auch der unbequemste, weil seine Zahlen sich so gar nicht um hohe oder niedere Wünsche kümmern und aus diesen beiden Gründen der bisher am Wenigsten beschrittene.

Der dritte Weg ist der des rationellen Experimentes mit dem Messapparate oder durch versuchsweise Ausführung Das Experiment.

einer Idee im Grossen, oder durch geordnete Beobachtung an den Organen des Eisenbahnmechanismus selbst.

Einflüsse
subjektiver
Ansichten.

Wer auf diesem Wege, von dem aufrichtigen Wunsche beseelt, wirklich zum Ziele zu kommen, einmal gegangen ist, der wird wissen, dass er der mühevollste, Geist und Körper am meisten abspannende von allen ist, dass zur Anstellung des Versuchs oder der Beobachtung, der Konstruktion der zugehörigen Instrumente, der zweckentsprechendsten Zusammensetzung der Probleme und Resultate eben soviel Talent als Ausdauer und Feinheit der Urtheilskraft gehören; dass es der grössten wissenschaftlichen Redlichkeit und Liebe zur Wahrheit bedürfe, um nicht aus der Fülle der Erscheinungen die vorgefasste Ansicht herauszuexperimentiren und herauszubeobachten; und dass endlich die Selbstverleugnung nicht hoch genug anzuschlagen sei, die es über sich gewinnt, Meinung und Ansicht von Experiment und Beobachtung als besiegt anzuerkennen. Daher kommt es auch, dass, von diesem Pfade ab, der der direktesten einer zum Ziele ist, so viele Techniker, welche dieser oder jener dieser Eigenschaften, in höherem oder niederen Grade, ermangelten, auf die wunderlichsten und krausesten Irrwege geriethen.

Was nun das Studium der Eigenschaften und der Konstruktions-Verhältnisse des Eisenbahn-Oberbaus anlangt, so legt sich zunächst das Resultat der in dieser Richtung gehenden unzähligen, oft sehr wohlgemeinten, oft auch wohlgerathenen, aber noch öfter unklaren Bestrebungen, welche auf ungenügendem Studium und unvollständigem Durchdringen der gerade vorliegenden Frage basiren, tritt dem Fachkenner ein grossartiges, aber nicht sehr erquickliches Bild beim Blicke auf etwa 200 verschiedene Schienenprofile, und fast eben so viele Schwellen-, Bettungs-, Nagelungs-, Verlaschungs- und Befestigungs-Formen, welche die deutschen Bahnen allein aufweisen, vor Augen. Sehr viele dieser Konstruktionen mit irgend einer kleinen, feinen, tiefdurchdachten Abänderung in Krümmung, Stärke, Material von Kopf, Fuss, Hals der Schiene, an Zuspitzung der Nägel,

Vertheilung der Schwellen etc. gegen irgend eine andere sonst ganz gut befundene, übliche Anordnung sind nichts weiter, als kostspielige Abspiegelungen von Erfindereitelkeiten, oder solcher unbegründeten, subjektiven Anschauungen der gerade im Kredit stehenden Techniker, Verlebendigung deren subjektiver Ansichten.

Zum Glück für die Technik sind, allerdings nicht gerade mit Einwilligung jener Konstrukteure diese Hunderte von Konstruktionen zu eben so vielen grossartigen Experimenten in der Hand des grössten aller Beobachter, des wissenschaftlichen Zeitgeistes, geworden. Die grosse Zahl, Gleichartigkeit, und Vergleichbarkeit der beim Studium der Oberbauverhältnisse in Rechnung kommenden Fakten charakterisirt dasselbe so recht eigentlich als ein fruchtbares Feld für die Statistik. Nichts desto weniger ist dasselbe in dieser Richtung noch wenig im Grossen angebaut worden.

Oberbau-
verhältnisse,
geeignetes
Objekt für
die
statistische
Forschung.

Umfassende, sich über bedeutende Bahnkomplexe erstreckende, die Gesetzmässigkeit von Einflüssen des Zufalls befreiende Zusammenstellungen über die Haltbarkeit der zu Schienen verwandten Materialien, die Zusammensetzung verschiedener Materialien, die Leistungen der Schienenfabrikanten, der Schwellenholzgattungen, die Einflüsse der Konservierungsmethoden, die Kosten der Oberbauunterhaltung bei den verschiedenen Konstruktionen desselben, die Wechselwirkungen zwischen dieser Konstruktion und der Stärke und Organisation der Personale, die mit Unterhaltung des Oberbaues beauftragt sind, die Wechselwirkung zwischen Organisation des Signalwesens und der Unterhaltung der Bahnen bedingt durch die Verwendung der betreffenden Personale in beiden Richtungen, endlich die Einflüsse des Maasses und der Natur der Betriebe auf den Oberbau etc. etc. besitzen wir noch so gut wie gar nicht.

Nur Price Williams kolossale, sich über fast sämtliche englische Bahnen erstreckende Arbeit¹⁾, welche die

¹⁾ Price Williams. On the maintenance and renewal of Permanent Wag 1866.

erhaltenen Resultate in grossen bedeutungsvollen Zügen graphisch und in Zahlen darstellt, macht, unseres Wissens allein, eine Ausnahme hiervon.

Hingegen hat die deutsche Statistik dem Gegenstande nur die, allerdings oft sehr werthvollen und umfassenden, Aphorismen gewidmet, welche die Geschäftsberichte der verschiedenen Eisenbahn-Verwaltungen, leider in Formen bringen, welche die Gewinnung allgemeiner Resultate aus denselben durch Vergleichung und Zusammenordnung des Gleichwerthigen fast immer unmöglich machen.

Preussische
Statistik.

Auch die Thatsachen, welche die sonst mustergültigen „Statistischen Nachrichten“ von den Preuss. Eisenbahnen, bearbeitet vom technischen Bureau des Ministeriums, liefern, reichen nicht dazu hin, viele brennende, die Konstruktion und die Unterhaltung des Oberbaues betreffende Fragen ihrer Lösung wesentlich näher zu führen, so weit auch die Anordnung der betr. Tabellen, in praktisch-wissenschaftlicher Beziehung über der Form steht, in der die gleichnamigen Notizen von den meisten andern Verwaltungen gegeben werden.

Arbeiten der
Kommission
der Ver-
sammlung
deutscher
Eisenbahn-
Techniker.

Erst in allerneuester Zeit hat die „Techn. Kommission des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen“, die sich mit Vorbereitung der Arbeiten zu beschäftigen hatte, welche der Versammlung deutscher Techniker 1868 unterbreitet worden sind, die Bearbeitung einer auf rationellen und das Bedürfniss deckenden Principien gegründeten Statistik der Verhältnisse angebahnt, die bei Konstruktion und der Ausnutzung des Eisenbahn-Oberbaues in Frage kommen. Als Vorläufer hierfür, deren Werth nicht genug zu schätzen ist, sind des um das Eisenbahnwesen so hochverdienten, eifrigen Oberingenieur Heusinger von Waldegg, umfassende Zusammenstellungen der Konstruktionsverhältnisse des Oberbaues auf deutschen Eisenbahnen²⁾ und die Notizen zu betrachten, die bei Gelegenheit der Versammlung deutscher

2) Heusinger von Waldegg. Die neuesten Oberbau-Konstruktionen etc. Wiesbaden. Kreidel. 1868.

Eisenbahntechniker zu Dresden 1865, in Bezug auf die Imprägnation der Schwellhölzer gesammelt worden sind.

Das erstgenannte Werk, das dem Sammelfleisse, der skrupulösen Genauigkeit und dem Anordnungstalent seines Verfassers ein neues, rühmliches Zeugniß leistet, giebt von den dermalen in Benutzung begriffenen Oberbausystemen in Deutschland, durch Zeichnung und tabellarische Darstellung der zugehörigen Konstruktionselemente, eine so komplette und anschauliche Uebersicht, dass sie im Zusammenhange mit der zu erwartenden Statistik des Verhaltens dieser Konstruktionen, ein vollständigeres Bild aller den Eisenbahn-Oberbau betreffenden Verhältnisse liefern wird, als wohl jemals noch entworfen worden ist.

Würdig schliessen sich hieran die Zusammenstellungen, welche der Oberbaurath Funk, einer der ausgezeichnetsten deutschen Eisenbahn-Techniker, der obengenannten Versammlung über die Resultate erstattet hat, die mit den verschiedenen Methoden zur Konservirung der Schwellen durch chemische Mittel erzielt worden sind³⁾, so wie die Referate, welche der Versammlung deutscher Techniker zu München 1868 über die Anwendung von Stahlschienen, Stahlkopfschienen, Schienenlängen, Einklinken der Schienen, Befestigung der Laschen, ganz eisernes Oberbau-System, schwebende Schienenstösse, Gleisverschiebungen etc. auf Grund der, von den verschiedenen Bahnverwaltungen gesammelten Erfahrungen, erstattet worden sind⁴⁾.

Die Studien, die, in Bezug auf die Konstruktions- und Benutzungsverhältnisse des Oberbaues, bisher mittelst des Experimentes gemacht worden sind, zeigen sich als zahlreich und zum Theil mit grosser Umsicht und vieler Ausdauer geleitet, bieten aber die sonderbare Ano-

Experimentative Ermittlungen.

3) Funk. Referate für die Dresdener Techn.-Versamml. 1865.

4) Referate über Beantwortung der Fragen für die am 28. Septbr. 1868 zu München abzuhaltende Versammlung der Techniker deutscher Eisenbahn-Verwaltungen. Darmstadt, Wiete'sche Druckerei 1868.

malie, die zu der vorliegenden Arbeit zunächst Veranlassung gegeben hat.

Lücken der-
selben.

Während nämlich die Konstruktionsformen und Widerstandselemente der einzelnen Organe des Oberbaues der Eisenbahnen auf das Sorgsamste und Wissenschaftlichste experimentativ und theoretisch untersucht worden sind, ist es, in nicht genug zu verwundernder Weise, fast gänzlich verabsäumt worden, den Theil des hier in Frage kommenden Erörterungsfeldes zu bebauen, der sich so recht charakteristisch als für die Kultur durch das Experiment geeignet kundgiebt, weil er sich der theoretischen und statistischen Erörterung *a priori* und durchaus entzieht.

Mangel an
Ermittelungen über
den Zusammenhalt der
Gleise.

Der Zusammenhalt der Gleise in ihrer Gesamtheit, das Maass der Widerstandsfähigkeit, der die einzelnen Theile der Gleise verbindenden Organe, der ganzen Gleise im Boden gegen seitliche und vertikale Verschiebung und Verdrückung, der momentanen und bleibenden Formveränderungen der Schwellen beim Gebrauche, der Maasse der momentanen und, vermöge der Elasticität der sämtlichen betreffenden Elemente, sofort nach ihrem Erscheinen wieder verschwindenden, nichts desto weniger aber höchst bedeutungsvollen Formveränderungen, welche das Ganze des Oberbaues beim Befahren erleidet, sind, so viel uns bekannt, nur höchst selten und nur in sehr wenig genügender Weise, Gegenstand der praktisch wissenschaftlichen Erörterung gewesen.

Es erregt staunendes Befremden, wenn man die unabsehbare Reihe von Bestrebungen überblickt, die auf Vervollkommnung des Oberbaues gewendet worden sind und allenthalben den sorgsamsten Ermittlungen, Prüfungen und den sinnreichsten Erfindungen begegnet, die sich immer wieder auf die Verbesserung einzelner Haupt-Organe der Konstruktion beziehen, während die Beziehungen des ganzen Gleises zu seiner Umgebung, zu dem Lager, indem es ruht, die Verhält-

nisse unter denen sich dessen einzelne Theile unter einander bedingen, fast immer ausser Betracht geblieben sind.

Die Portefeuilles der Patentbehörden strotzen von unzähligen Erfindungen zur Verbesserung der Stühle, in denen Doppelkopf-Schienen ruhen, mit ihren Unterorganen von eisernen und hölzernen Keilen, Bolzen, Dübeln, Nägeln, Klemmschrauben etc., der Stossverbindungen der Schienen mit Stühlen, einfachen und Façon-Laschen, Nuth-, Krempel- und Leistenplatten, Bolzen mit und ohne Schraubensicherung, Keilen, Schienenunterlagen, der Befestigungen der Schienen auf den Schwellen mit Nägeln aller Formen, Holzschrauben, Bolzen etc., der Konservirung, Formung und Behandlung der Schwellen, der Herstellung der Schienen, Laschen, Platten, Nägel, der Drainirung der Bettungen etc.; die technischen Journale bringen unerschöpflich mehr oder weniger fruchtbare Ideen, Erforschungen und Ermittlungen, die sich auf die Konstruktion, Eigenschaften und das Verhalten dieser Elemente beziehen, aber fast Alles, was sich auf das Verhalten von all dem als gegliedertes Ganze, während der Darüberhinbewegung der Lasten, bezieht, bleibt aus.

Es ist dies eine der Anomalien in der Strömung der technischen Ideen und Bestrebungen, auf die wir oben hingedeutet haben, und, wie wir dort ausführten, dass diejenigen Tendenzen, die auf Ausbildung der Wegkonstruktion hingehen, zur Zeit hinter denen zurückgeblieben seien, die auf Vervollkommnung der Fuhrwerke, der Betriebsordnung und der Verwaltung abzielen, so ist im engeren Bereiche der ersteren wieder die Konstruktion des Elements der des Gesamtorganismus vorausgeeilt.

Mit erschöpfender Sorgfalt sind die Verhältnisse, Krafteinwirkungen und Widerstände auf experimentativem Wege ermittelt worden, die auf die Konstruktion der Schienen, die Massenvertheilung in dem Profile und auf die Längsverbindung derselben Einfluss haben konnten.

Ermittelungen über Widerstandsfähigkeit der Schienen und deren Längenverbindungen.

P. Barlow,
Th. Weiss-
haupt, A.
Malberg.

An diese Ermittlungen knüpfen sich die ausgezeichnetsten Namen, besonders der deutschen technischen Welt.

Auf die alten englischen Arbeiten von Peter Barlow⁵⁾ folgten die unübertroffenen, mit deutscher wissenschaftlicher Durchbildung und Sorgsamkeit ausgeführten Untersuchungen von Theodor Weisshaupt⁶⁾ und diejenigen, die A. Malberg⁷⁾, gleichsam als Fortsetzung der Weisshaupt'schen, im Jahre 1857 angestellt hat. Beide letzteren bedeutenden Arbeiten wurden auf Veranlassung des K. Preuss. Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführt und dienten als Basis für die Oberbaukonstruktionen der Staatsbahnen.

Neben diesen Untersuchungen, auf die wir weiter unten wieder zurückkommen, würden eine grosse Menge anderer und zum Theil vortrefflicher Arbeiten von v. Dechen, Locard etc. zu nennen sein, deren Tendenz in gleicher Richtung geht, wenn dies nicht zu weit führen würde.

In umfassendster Weise mit der Längsverbinding der Schienen durch Laschen haben sich vornehmlich wieder A. Malberg⁸⁾, Henz⁹⁾, E. Köpke¹⁰⁾, Wild¹¹⁾, Ashcroft¹²⁾ (der zuerst 1850 die Stösse der Schienen

5) Peter Barlow. *III. Report to the London Birmingham Railway 1836.*

6) Theod. Weisshaupt. Untersuchungen über die Tragfähigkeit verschiedener Eisenbahn-Schienen, angestellt im Sommer 1851.

7) A. Malberg. Versuche über die Elasticitätsfrage und Tragfähigkeit der Eisenbahnschienen. 1857.

8) A. Malberg. Ueber Laschenverbindungen der Eisenbahn-Schienen. 1853.

9) Henz. Stossverbindungen beim Oberbau der Westphäl. Eisenbahn. 1851.

10) Köpke. Ueber Stossverbindungen der Schienengestränge. 1864.

11) Wild. *On fishing rail joints. Lond. New. 1854. Circulars of the perment way Comp. 1855.*

12) Ashcroft. *Fishing rail joints. Circular of the perment way Comp. 1855.*

zwischen die Schwellen legte, Kranke und andere beschäftigt.

Der Fülle der Thätigkeit und erfolgreichen Bestrebungen, die auf Ermittlung der Konstruktionsverhältnisse der Schienen und ihrer Längsverbindungen gewendet worden sind, gegenüber, erscheint der Mangel an experimentativen Erforschungen, die sich auf die andern Organe des Oberbaues beziehen, doppelt befremdlich, denn der vertikale Widerstand einer Schiene steht in so naher Beziehung zu der Widerstandsfähigkeit der Schwelle, auf der sie ruht, der Festigkeit des Bodens, der diese wieder stützt, die seitliche Steifigkeit der Schiene ist in so naher Wechselwirkung mit der Haltkraft der Nägel im Holz, dem Maasse der Reibung der Schiene auf den Schwellen, die Wirksamkeit der Laschenverbindungen etc., eins von allem ist so wenig denkbar ohne Bezug auf das Andere, dass es scheinen will, als hätten in der einen Richtung gehende Experimente unmittelbar denen gefolgt sein müssen, die in der andern Richtung strebten.

Wiederum sind es einige ganz besonders talentbegabte deutsche Techniker, die ihre Aufmerksamkeit einigen der letzterwähnten Verhältnisse zugewandt haben, Funk¹³⁾ und von Kaven¹⁴⁾, denen sich der Ingenieur der Algier Blidah-Bahn, Desbrières, anschliesst. Diese Ingenieure haben umfassende Versuche über die Widerstandsfähigkeit der Nägel im Holze mit Fleiss und Umsicht angestellt, wohl erkennend, welche Wichtigkeit dieselben für die Konstruktion des Oberbaues haben.

Allen diesen voraus ging mit umfassenden Ermittlungen in Bezug auf viele von späteren Experimentatoren unbeachtet gelassene Konstruktionselemente Peter Barlow¹⁵⁾,

13) Funk. Ueber die Haltkraft der Schienennägel. 1860.

14) v. Kaven, Versuche über die Haltkraft von Schrauben und Nägeln im Holz. 1856.

15) Peter Barlow, *I and II Report to the board of directors of the London and Birmingham. Railway* 1835.

Ermittelungen über Haltkraft der Nägel im Holz.

der auf die sinnreichste Weise und mit verhältnissmässig gut konstruirten Apparaten bedeutsame Resultate gewann.

Auf diese sämmtlichen Arbeiten kommen wir im Verlaufe dieser Schrift ausführlich zurück.

Tendenz
vorliegender
Schrift.

Die Tendenz des ersten Theils vorliegender Arbeit war, eine historische Zusammenstellung der Erfahrungen über den Zusammenhalt der Gleise zu geben, unter deren empirischem Einflusse die Konstruktion des Eisenbahn-Oberbaues ihre jetzt gültigen Formen angenommen hat; im zweiten Theile aber und durch daran geknüpfte Darlegung der experimentativen Ermittlungen, vermittels deren der Verfasser versucht hat, auf einige bedeutsame Fragen in Betreff jenes Zusammenhaltes einiges Licht zu werfen, eine Anzahl Lücken in unserer Kenntniss von den einschlagenden Konstruktionsverhältnissen theils auszufüllen, theils auf sie aufmerksam zu machen und Wege anzuzeigen, auf denen zu ihrer Ergänzung zu gelangen ist.

Ver-
anlassung zu
derselben.

Die, wie das Nachstehende zeigt, ziemlich umfassenden Zusammenstellungen und Ermittlungen, wurden in ihren ersten Anfängen durch schnelle Aufeinanderfolge einiger Unfälle im Eisenbahnbetriebe veranlasst, die den Techniker um so mehr beunruhigten, je weniger er auf der Hand liegende Ursachen derselben ohne Weiteres zu ermitteln im Stande war.

Es waren dies Ausgleisungen (zum Glück ohne bedeutende Folgen), die sich auf freier Bahn in wohlgepflegten Gleisen mit gesunden Schwellen und Schienen ereigneten.

Eine Art dieser Unfälle kam in geraden Bahnstrecken vor und das Gleis zeigte nach ihrem Vorübergange mehr oder weniger starke wellenförmige Verschiebungen in horizontaler Richtung. Häufig war dabei das Gleis in seiner Gesammtheit im Boden, eben so häufig aber durch Lösung seines Verbandes auf den Schwellen verdrückt. Die Schienen zeigten Spuren von Umkanten und Torsion, waren oft mit kurzem Radius gebogen und die Wellenlängen der Verschiebungen variirten anscheinend nach der Geschwindigkeit des Fuhrwerkes, das sie verursacht

hatte, zwischen 20 und 40 Fuss, die Höhe der Wellen (das Maass der Verschiebung) von einigen Linien bis zu einem Fuss und mehr.

Die andere Art der betreffenden Vorkommnisse zeigte sich in Kurven von kurzem Radius, jedoch normaler Erhaltung und Beschaffenheit und erschien als ein Auseinanderdrängen der Schienen und Dazwischenfallen der Räder.

Die Ermittlungen ergaben, dass die Neigung des Gleises mehr als genügt hatte, die Centrifugalkraft zu paralyisiren, und dass, weder die Stellung der Räder auf den Achsen, noch die Breite der Bandagen, noch die Lage der Schienen, noch die Beschaffenheit der Schwellen an den betreffenden Stellen, für sich allein dieses Durchfallen der Fuhrwerke motiviren konnte.

Es mussten daher momentane Gleiserweiterungen eingetreten sein, die beim Befahren der Gleise sich gebildet hatten und sofort nach dem Vorüberrollen der Fuhrwerke, durch Elasticität der Organe des Oberbaues, wieder verschwunden waren.

Jedenfalls war es wichtig, den Ursachen dieser unheimlichen Erscheinungen auf die Spur zu kommen und zu diesem Zwecke eine Reihe von Studien und experimentativen Ermittlungen in Richtungen anzustellen, die bisher wenig verfolgt worden waren.

Die Schwierigkeiten, die sich diesen Arbeiten entgegenstellen mussten, konnten *a priori* nicht verkannt werden. Die Komplikation der einschlagenden Verhältnisse und die Unbequemlichkeit der Beobachtung, hat sich aber im Verlauf derselben noch weit grösser herausgestellt, als sich vermuthen liess.

Schwierigkeiten der Beobachtung.

Es mussten zum Theil neue Beobachtungsmethoden angewandt, neue Instrumente und Anordnungen erdacht werden, um die flüchtigen Erscheinungen, welche die Bewegung der Fuhrwerke hervorrief, zu fixiren.

Trotz der ziemlichen Ausdehnung dieser Arbeiten, haben sie doch nichts anderes leisten können, als Finger-
v. Weber, Eisenbahngleise.

zeige zu geben, in welchen Richtungen sich fernere Bestrebungen gleicher Tendenz etwa zu bewegen haben würden.

Um das Beobachtungsmaterial nicht zu zersplittern, die gezogenen Facits nicht zu verwirren, hat es daher dem Verfasser durchaus erforderlich erschienen, seine Beobachtungen nur auf die Bereiche einer einzigen Oberbaukonstruktion, die der Königl. Sächsischen Staatsbahn, zu beschränken.

Es bot dieselbe auch, in mehr für die Beobachtungen, als für den Betrieb erspriesslicher Weise, durch eine, unter dem jetzt üblichen Mittelmaass stehende Stabilität bei sonst nicht ungünstig angeordneten Proportionen, die Füglichkeit sehr sichtliche und dabei für die Verhältnisse solider Oberbaukonstruktionen leicht zu übersetzende Resultate zu erhalten.

Es darf der Verfasser daher wohl glauben, durch die Gesammtheit seiner nicht mühelosen Arbeit, die Quelle gewisser dunkler Erscheinungen in den Funktionen des Oberbaues, sowie die Ursachen mancher unheimlicher, weil bisher unerklärlicher, Unfälle beim Eisenbahnbetriebe aufgedeckt und somit wohl dem Eisenbahnwesen einen Dienst geleistet zu haben.

Erste Abtheilung.

Historische Entwicklung der Kenntniss vom Zusammenhalte der Gleise durch die Praxis des Eisenbahnbetriebes.

Die modernen Spurbahnen (auf deren Entstehung und Entwicklung die Reminiscenz an die antiken [griechischen] steinernen Gleisbahnen durchaus keinen Einfluss geübt hat) haben einen doppelten Ursprung, sind auf zwei Wegen entwickelt worden, die erst im Begriffe der reif ausgebildeten Eisenbahn zusammenlaufen. Die Verwechselung der beiden verschiedenen Quellen, aus denen die Idee der Spurbahn entsprungen ist, hat zu dem unfruchtbaren Streite über die Priorität der Erfindung der Eisenbahn geführt.

Die erste und älteste, ja uralte Verkörperung der Idee der Spurbahn (abgesehen von den oben erwähnten griechischen Gleisbahnen) hat offenbar in Bergwerken stattgefunden. Die Nothwendigkeit des Richtunghaltens der Transporte war hier schon durch die Natur der Lokalität (Enge der Stollen und Schachte) gegeben, durch welche sich ihr Weg hinzog. Der Erzkübel, der vertikal emporgezogen werden musste, wurde durch Gradführungen vor dem Anschlagen an die Schachtwände bewahrt. Wenn der Schacht schräg abgeteuft war, lag der Kübel schwer auf seinen Führungen, die

Doppelter
Ursprung der
Spurbahnen.

Gradfüh-
rungen in
Bergwerken.

Reibung wurde stark, das Aufwinden, trotz des auf die Gleisblöcke strömenden Wassers, sehr beschwerlich.

Die alten, werkerfahrenen Kunstmeister gaben ihm daher Rollen, auf denen er sich nun auch leicht forttreiben liess, wenn es galt, ihn auf horizontalen Strecken bis an die Mündung der Stollen zu bewegen. Diese wurden daher am Boden mit Spuren belegt, die in der That nichts anderes waren, als mehr oder weniger waagerechte Fortsetzungen und Modifikationen der Gradführungen, zwischen denen sich, seit den ältesten Zeiten des Bergbaues, die Aufzuggefässe bewegten.

Der „Hunt“. Diese mit Rollen versehenen Erzkästen hiessen in der frühesten, wie in der jetzigen Sprache des germanischen Bergbaues „Räderkasten“ oder „Hunte“, welches Wort von einer Wurzel abstammt, die sich im Englischen „*to hunt*“ (Jagen) noch erhalten hat und den Begriff der Bewegung bezeichnet. An die Hinausführung dieses Bewegungsmechanismus der Bergwerke auf die Wege unter freiem Himmel wurde Jahrhunderte hindurch eben so wenig gedacht, als daran, mit dem Begriffe eines „Hunts“, eines „Bewegungskastens“, den eines Wagens oder Transportkarrens zu verbinden.

Von einer wirklichen Konstruktion des Unter- und Oberbaues dieser subterranean Spurwege konnte kaum die Rede sein. Die Balken und Pfosten, die sie bildeten, wurden eben am Gestein festgespreizt und festgebolzt. Hingegen erhielten die Rollen, auf denen die „Hunte“ liefen, die sich nur zwischen diesen Gradführungen zu bewegen hatten und an deren Uebergang auf die obere Strasse man nicht dachte, die hierfür geeignetste Form, welche keine andere, als die der jetzt üblichen Eisenbahn-Wagenräder mit „Spurkränzen“ war.

Die Bohlenbahn.

Die andere Verlebendigung der Idee der Spurbahn ist von weit modernerem Datum und hat einen ganz neuen Erfindungsakt nöthig gemacht.

Den Keim zu dieser bilden die Bohlen und Bretter, die man auf den grundlosesten Stellen der grundlosen Wege, die, seit dem Verfall der Römerherrschaft, einen Charakterzug in den Physiognomien selbst der civilisirtesten Länder fast bis zum Anfange dieses Jahrhunderts bilden, unter die Räder der Kohlenkarren legte, welche, mit unendlicher Mühe, fünf Jahrhunderte lang, von den Gruben in Nordengland die unschätzbaren Brennstoffe nach den Kanälen und Häfen schleppten.

Die desperaten Fuhrleute sahen durch dieses Mittel die übelsten Plätze der schlechten Wege sich plötzlich in deren beste und fahrbarste verwandeln, wo die keuchenden Pferde sich erholten, die zerrissenen und verwirrten Geschirre, ohne Gefahr dass während des Stillstandes die Wagen bis zur Unbeweglichkeit versinken möchten, wieder geordnet werden konnten.

Klarer blickende Kohlenfuhrherren, die Ersparniss, die ihnen aus solcher Verbesserung an Pferd und Geschirr erwachsen musste, ermessend, legten selbst Hand an die Ausdehnung der gebohlten Strecken. Das Grundeigenthum, zu allen Zeiten Feind des Fortschritts, bekämpfte die Neuerung, erhob hohe Zölle von den Bohlenbahnen. Sie dehnten sich langsam aus. Vom ersten Augenblicke ihrer Entstehung an, trug die unter der Erde entwickelte Spurbahn wie die unter freiem Himmel geschaffene, die Kennzeichen ihres Ursprungs an sich.

Die erstere war das Produkt der fachlichen Intelligenz in einem uralten Gewerbe, ein mechanischer Apparat. Das darauf bewegte Fuhrwerk, der „Räderkasten“, der „Hunt“, bekundete sich als ein von demselben unzertrennbarer, integrierender Theil, konnte auch nur in Verbindung mit der Spurbahn benutzt werden. Denn die Räder dieser Karren führten sich in der Bahn mittelst der Spurkränze gerade, die sie zur Bewegung auf der flachen Strasse unbrauchbar machten, und diese Karren waren unlenkbar ausser durch die Spur selbst.

Charakter
der unter-
und ober-
irdischen
Spurbahn.

Die Zweite war in ihren Anfängen ein armseliger Nothbehelf, dessen Organe, ungepflegt vom fachbewährten Wissen, sich roh und primitiv erzeugten und entwickelten, je nachdem der Zwang des örtlichen Bedürfnisses es gebot. Ein Nothbehelf, der sich in allen seinen Formen dem gegebenen Vorhandenen, dem Strassen-Fuhrwerke anschliessen musste, zu dessen Bequemlichkeit er geschaffen wurde.

Die Engländer machten daher zwischen den verschiedenen Gattungen von Spurbahnen auch sprachlich bedeutende Unterschiede. Sie nannten die Bergwerksbahn „*Waggon way*“, die Strassenbahn „*Plate way*“ und die entwickelte Eisenbahn „*Rail way*“.

Oberbau der
unter- und
oberirdi-
schen Bah-
nen.

Der Oberbau der ursprünglichen Bergwerksbahn bestand daher aus Holzträgern, zwischen denen die Fuhrwerke, Räderkarren, ohne das Gleis verlassen zu können, spurten; der Oberbau der Bahnen, welche die offenen Strassen ersetzen sollten, stellte sich aus breiten, flachen, bohlenartigen Hölzern zusammen, auf denen die Lenker der Zugthiere die Fuhrwerke eben so gut erhalten, als sie jeden Augenblick davon weglenken konnten, wenn ihnen entgegenkommende Transporte dies erforderlich machten.

Die Last der Räder tragenden Organe waren bei beiden Formen der Spurbahnen Langträger. Die Querschwellen, welche sie vereinigten, hatten nicht das Amt, zur Stützung der Bahn gegen den Boden beizutragen, sondern nur den Zusammenhalt der Spurbahn als Gerüst zu vermitteln.

Dieser Charakter der Konstruktion der Spurbahnen prägte sich noch schärfer aus, als die Träger, sowohl der Bergwerks- als der Strassenbahn, zur Oekonomisirung von Holz, aus zwei Schichten zusammengesetzt wurden, von denen nur die obere, schwächere, aber aus härterem Holze hergestellte, der Einwirkung der Räder und gelegentlich der Pferdehufe ausgesetzt blieb, während die untere, die man mit der oberen in verwechselten Sätzen legte, lediglich als Träger diente.

Er ging auch nichts weniger als verloren, als man die Grubenbahnen, deren Konstruktion, Ausdehnung und Frequenz eine solche Maassnahme gestattete, bald nach Erfindung des Eisenwalzens, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, mit schmalen Streifen Eisen an den Kanten der Hölzer, da wo die Spurräder sie berührten, zu beschlagen begann. Diese Schienchen waren nichts weiter, als ein dauerhafterer Ersatz für die hölzerne Verdoppelung des Trägers.

Erste Anwendung von Eisen bei den Grubenbahnen.

Natürlich musste die Strassenspurbahn, deren Oberfläche in viel grösserer Breite von den Fuhrwerksrädern berührt wurde, des Aufwandes wegen, noch lange des Vortheils entbehren, Eisen zur Festigung der Fahrbahn verwendet zu sehen.

Der Zufall musste hierzu die Hand bieten. Im Jahre 1767, wo der Eisenmarkt mit Produkten überfüllt, die Roh-eisenpreise daher ganz ungewöhnlich niedrig waren, dagegen aber der Konsum an Steinkohlen einen jener ruckweisen Aufschwünge genommen hatte, von denen die Geschichte jedes Industriezweiges Beispiele aufweist; die von den Kohlengruben nach den Verschiffungsplätzen führenden Spurbahnen daher eine ganz ungemein grosse Abnutzung zeigten, kamen die Eigenthümer der Colebrook Dale Eisen- und Kohlenwerke auf den Einfall, einem Theile der Roh-eisengänze, die sie in Vorrath fabricirten, solche Gestalt zu geben, dass sie auf die Holzspurbahn genagelt werden und so „bis auf Weiteres“ dazu dienen konnten, die übergrosse Abnutzung derselben abzumindern. Sie gossen dieselben daher in 5 Fuss lange, $1\frac{1}{4}$ Zoll dicke und $4\frac{1}{2}$ Zoll breite Stücke¹⁴⁾, deren Oberfläche einen etwas konkaven Querschnitt zeigte, so dass die Räder sich bequem in dieser Art flachen Rinne

Erstes Eisen auf Strassenspurbahnen.

14) Es ist der Mühe werth, das Datum der frühesten Anfertigung von Eisenschienen zu einer Spurbahn zu registriren: Am 13. Novbr. 1767 wurden die ersten 5—6 Tonnen solcher Platten gegossen. Mittheil. von Robert Stephenson in *Francis, History of the English Railway*. I. pag. 47.

halten, dieselbe aber auch leicht verlassen konnten. Diese Stücke waren mit 3 Nagellöchern und auf der Unterseite mit den üblichen Bruchkerben versehen, um sie, wenn die Eisenpreise wieder steigen würden, von der Bahn entfernen und als Eisen verwerthen zu können. Auch diese Stücke wurden direkt auf die untern Langträger genagelt. Das System der Längenunterstützung daher auch in diesem Falle noch nicht verlassen.

Erster ganz
eiserner
Oberbau.

Nicht unbemerkt darf hier bleiben, dass Th. Woodhouse schon 1805 ein Schienensystem vorschlug, dessen Konstruktion auf die Idee der direkten Stützung der Eisen-schiene durch den Boden, ohne Vermittelung von Holz basirt war¹⁵⁾. Mit solchen Schienen belegte er einen Theil der Bahn, die der Herzog von Norfolk zwischen seinen, bei Sheffield belegenen Kohlengruben, ausführen liess. Sie hatten die Form 4 Fuss langer, viereckiger, gusseiserner Röhrenstücke von trapezoidalem Querschnitte, die mit ihrer breiteren Seite auf dem Boden ruhten, während auf der oberen schmaleren, etwas konkaven Fläche die Räder sich bewegten. Diese Schienen wurden mit der Strasse vollkommen in eine Ebene gelegt, so dass die Transportwagen beliebig sich auf den Schienen bewegen und dieselben an jeder Stelle verlassen konnten. Eine Verbindung der Schienestücken zur Erhaltung der Spur wurde nicht angebracht und dies Amt dem dazwischen gebrachten gefestigten Strassenmaterial oder der Pflasterung überlassen. Die Woodhouse'sche Bahn bestand bis zum Jahre 1812 und bildet den ersten Vorläufer der später auftretenden Ideen Barlow's und der Konstrukteure des modernsten Eisenbahnoberbaues, die auf direkte Lagerung der Eisenbahnschienen auf dem Fundament der Gleise abzielen.

Den Typus des kontinuierlich gestützten Langträgers, der, wenn wir, wie ohne grossen Fehler geschehen kann,

15) Tomlinson, *Cyclopedia of usefull arts.* Vol. II. 545.

die Entstehung der ersten Strassengleisbahn in Nordengland in die letzte Hälfte des 17. Säkulums setzen, durch mehr als $\frac{3}{4}$ Jahrhundert beibehalten worden war, sehen wir zuerst im Jahre 1776, bei Anwendung eines neuen Systems der Schienenkonstruktion verlassen, durch das eine Umwälzung im ganzen Wesen des Spurbahnoberbaues angebahnt wurde.

Es war dies die gusseiserne Schiene mit aufgerichteten Curr's Spurrkranz-
Spurkranze, die S. Curr¹⁶⁾ in jenem Jahre zuerst zur schiene.
Verwendung brachte. Sie bestand aus einer 5 Zoll breiten Platte mit einem $2\frac{1}{2}$ Zoll hohen, rechtwinklig aufgebogenen Rande. An den Enden und in der Mitte waren Löcher eingegossen, durch die eiserne oder hölzerne Nägel in die Holzunterlage getrieben wurden. Auch diese Schienen wurden Erste Quer-
ursprünglich auf Holzlangträgern befestigt; als sich aber schwellen-
zufällig beim Wegfaulen derselben ergab, dass die Schiene bahn.
steif genug sei, sich von Querriegel zu Querriegel selbst zu tragen, so liess man die Langholzträger weg und schlug die Schienen direkt auf jenen Querriegeln fest.

Mit dieser Konstruktionsform trat das System intermittirender Träger zur Stützung der Fahrschiene zuerst ins Leben, das seitdem, bis auf die neueste Zeit, das kultivirteste geblieben ist.

Aber dieselbe hatte noch weitere Konsequenzen. Zunächst machte die Unthunlichkeit, die, durch die hohen Ränder der Schienen kategorisch gegebene Spur, mit den Transportkarren zu verlassen, die Anwendung einer gewissen Art von Ausweichen erforderlich, der wir in der Geschichte des Eisenbahnwesens hier zuerst begegnen. Erste Aus-
weiche auf
Spurbahnen.

Von noch grösserer, ja höchst bedeutsamer Tragweite ist ferner der Umstand, dass die dermalen auf den aller-
meisten Eisenbahnen übliche Spurweite von 4 Fuss $8\frac{1}{2}$ Zoll
englisch (1,436 Met.), ein Maass, dessen Unrundheit und Ursprung des
allgemeinen
Spur-
maasses.

16) Curr. *The Coal Viewer and Engine builder. London 1790.*

konstruktive Unbequemlichkeit auffällig ist, sich von dieser längst verlassenen Schienenkonstruktion, die indes geraume Zeit in Anwendung blieb, herleitet.

Die Spur der auf englischen Strassen verkehrenden Wagen war nämlich zu jener Zeit auf 5 Fuss, aussen an den Felgen, da wo sie den Boden berühren, gemessen, gesetzlich festgestellt, die Breite der Felgen aber freigegeben. Hiernach musste sich die lichte Distanz der Spurränder an den Schienen natürlich richten, und so wurde es Sitte, die Spur von Aussenkante zu Aussenkante der Schienen zu messen. Die lichte Distanz zwischen den Rändern der Curr'schen Schienen aber wurde, mit Rücksicht auf den nöthigen Spielraum, zu 5 Fuss 1 Zoll angenommen.

Diese Art, die Schienenendistanz zu messen, blieb bis nach dem Baue der Liverpool und Manchester Eisenbahn, deren Schienen im Kopf $2\frac{1}{4}$ Zoll (30 Mmet.) Breite hatten, Gebrauch, so dass sich die lichte Spur durch den Bau dieser ersten Dampfeisenbahn mit schnellbewegtem Betriebe, für alle Zeiten auf das bekannte Maass fixirte.

Erste Steinwürfelbahn.

M. Barns, Techniker der Lawson-Main Kohlengruben, legte zuerst diese Gattung von Schienen im Jahre 1797 mit ihren Enden auf Steinwürfel von 1 Fuss Seitenlänge und 8 Zoll Dicke. Wir begegnen hierbei zum ersten Male einer Spurbahn mit intermittirenden Trägern, welche hierbei zugleich noch die beiden Neuerungen der Steinunterstützung und des Mangels der Spurverbindung zeigt. In der That wurden die Steinwürfel nur fest in den Grund gerammt und solid umstopft. Der Zusammenhalt des Gleises erwies sich ausreichend. Auch die Idee dieser Konstruktionsform ist in neuester Zeit mit Glück wieder benutzt worden (z. B. auf der Königl. Bayrischen Staatsbahn).

Intermittirende Träger ohne Spurverbindung.

Outram's Fischbauchförmige Schienen.

Die geringe Festigkeit der Winkelschiene gegen transversale Anstrengungen, veranlasste den um die Ausbildung des Strassenspurwegs mehrfach verdienten Benj. Outram,

bei Ausführung einer Eisenbahn, welche die Gemeinden in der Nähe von Little Eaton in Derbyshire zur Förderung des Betriebs ihrer Gruben im Jahre 1799 anlegten, diesen Schienen ein Element hinzuzufügen, dessen grosser konstruktiver Werth ihm einen langen, über die Schienenform und das Material, in welchem es zuerst Ausführung fand, hinausdauernden Gebrauch gesichert hat. Es ist dies die elliptisch gekrümmte Rippe, die von Stützpunkt zu Stützpunkt reichend, unten an die Schienen angegossen wurde und derselben, die zuerst „*Outram rail*“ hiess, durch ihre Form den Namen „*fish bellied rail*“, „Fischbauch-förmige Schiene“, verschaffte. Outram gab diesen Schienen eine Länge von 4 Fuss und so weit standen natürlich auch die Stützpunkte derselben von Mitte zu Mitte von einander ab. Auch dieser tüchtige Techniker bediente sich, auf Grund der seit 5 Jahren an der Bahn der Lawson-Main Kohlengruben gemachten Erfahrungen, der Steinwürfel ohne Querverbindungen als Unterlage und liess die Schiene 5 Fuss weit frei tragen. Outram scheint auch der Erste gewesen zu sein, der den Spurrand der Schienen nach der Innenseite der Räder verlegte, was indess wegen des beschwerlichen Reinigens der Schienen nicht für nachahmenswerth gehalten wurde.

Wenig Verbreitung fanden auch die gusseisernen Erste eiserne Schwellen in Plattenform von 1 Zoll Dicke und 3 Zoll Schwelle. Breite mit aufgegossenen Rippen, zwischen denen die Winkelschienen festgekeilt wurden, welche um 1800 einige schottische Bahnen in Anwendung brachten¹⁷⁾. Man hielt die strenge Verbindung der Schienen für nicht geboten und die Platten zeigten sich als zu zerbrechlich.

Um einen wesentlichen Schritt in seiner Fortbildung weiter rückte der Oberbau der Strassenspurbahnen, als in einigen Gegenden die Verkehre von den Mineralfundorten nach den Stapelplätzen so gestiegen waren, dass es

17) Locard, *Sur les rails et leurs supports*. Paris 1853.

sich motivirte einen Park von Fahrwerken, die keine anderweitige Verwendung finden sollten, ausschliesslich für diesen Zweck zu beschaffen und zu konstruiren.

Hiermit ergab sich die Füglichkeit, die Anordnung der Grubenbahnen auf die Strassenbahnen überzuführen.

Strassen-
Spurbahnen
mit flachen
Schienen und
Spurkränzen
an den Rädern.
Schon 1789 war von W. Jessop die Gemeindebahn zu Loughborough nach diesem Systeme hergestellt worden. Er wandte parallele, auf die Hochkante gestellte Flachstäbe von Gusseisen als Schienen an, die oben eine kopfartige flache Verdickung hatten, auf der die mit Spurkränzen versehenen Räder liefen. An den Enden hatten dieselben vorragende Knaggen und Löcher, mittels deren sie auf die Schwellen festgeschlagen wurden.

Lord Pen-
rhynsBahnen
In weit besserer Anordnung finden wir die Hochkant-
schienen 1801 auf den Bahnen, welche dem Verkehre von Lord Penrhyns unermesslichen Schieferbrüchen in Carnarvonshire mit dem Meere bei Bangor dienten. Hier hat der Oberbau fast schon allenthalben die Form, die er, so lange überhaupt Gusseisenschienen im allgemeinen Gebrauche blieben, behalten hat. Obwohl die Schienen im Anfange noch einen rundlichen Kopf und die Räder dop-

Schienen mit
pilzförmigem
Querschnitte.
Erste gusseiserne
Chairs.
Holzdübel-
befestigung
auf Steinwürfeln.
Bolzenstoss-
verbindung
im Chair mit
stumpfen
Schienen-
enden.
Mit überblatteten Schienenenden.
pelte Spurkränze zeigen, so verschwinden doch diese bei-
den Konstruktionsformen bald und die Schienen mit pilzförmigem Querschnitte, Fischbauchrippe, mit unterem Verstärkungsgurte und die Räder mit einfachem Spurkranze nehmen ihre Stelle ein. Die Enden der 3 — 4 Fuss (0,9 bis 1,2 Met.) langen Schiene ruhen hier in gusseisernen Chairs, die ihrerseits meist auf Steinwürfeln mit Holzdübeln festgeschlagen, zuweilen aber auch auf Schwellen genagelt sind. Die Schienenenden selbst stossen im Anfange stumpf zusammen und werden jedes durch einen Bolzen im Chair festgehalten. Im Jahre 1805 entnahmen Georg Stephenson und Will. Losh gemeinschaftlich ein Patent auf die Ueberblattung der Schienen in den Chairs, durch die sie die Tendenz derselben, beim Darüberbewegen der Last umzukanten, beseitigen wollten.

Wie wenig dies aber gelungen war, davon giebt die Gelenkstoss-Erfindung Zeugnis, welche Losh, Wilson und Bell 1809 ^{verbindung.} sich patentiren liessen und die zwar recht eigentlich auf diese Beweglichkeit basirt, aber bestrebt ist, dieselbe unschädlich zu machen. Sie fügen nämlich die ebenfalls überblatteten Schienen mit einer Art Kugelgelenk im Chair zusammen, so dass die Gesammtheit des Gleises, mit thunlichst wenig Bruchgefahr für die Schienen, sich in gewissem Maasse vertikal und horizontal bewegen und verdrücken kann.

Es schliesst hiermit eigentlich die Entwicklungsgeschichte des Oberbaues mit gusseisernen Schienen ab, da derselbe, eine beträchtliche Anzahl unerheblicher Modifikationen an Chairs und Schienenbefestigungsformen abgerechnet, keine bedeutsamen Umgestaltungen mehr erfahren hat. Nur mag erwähnt werden, dass schon bei der Penrhyn Eisenbahn, die Dimension der Steinwürfel auf 16 — 20 Zoll Seitenlänge ^{Diagonale Stellung der Stützwürfel.} und 1 Fuss Dicke vermehrt und denselben eine diagonale Stellung gegeben wurde, um ihre seitliche Druckfläche gegen den Boden zu vermehren.

Welche Bedeutsamkeit indessen der gusseisernen Schiene, besonders für die Anlage von Grubenbahnen, noch lange Zeit beigelegt wurde, dafür geben die trefflichen und umfassenden experimentativen und theoretischen Untersuchungen Zeugnis, die im Jahre 1832, einer der berühmtesten Metallurgen unsrer Zeit, von Dechen, in der Berliner Eisen- ^{von Dechen's Untersuchungen gusseiserner Schienen.} giesserei zur Feststellung der Tragfähigkeit von gusseisernen Fischbauchschienen angestellt hat ¹⁸).

Sein zweckmässig konstruirter Apparat zerbrach, unter Messung der nöthigen Kräfte, die auf 3 Fuss entfernte Stützpunkte gelagerten Schienen, von unten nach oben. Die Versuche führten den gelehrten Techniker zu dem Vorschlage thunlichster Erhöhung der elliptischen Rippe der Schiene und Durchbrechung derselben zum Zwecke der

18) Karsten's Archiv 1833, pag. 370, Fol. XV.

Material-Ersparniss. Von Dechen hat bei diesen Versuchen etwa 100 Stück verschieden konstruirte Schienen zerbrochen und kommt zu dem Schlusse, dass die Fabrikation von Schienen von über 6 Fuss Länge, der Gefahr des Verziehens beim Gusse wegen, kaum thunlich sein werde.

Ganz besonders mag an dieser Stelle hervorgehoben werden, dass wir in diesen Erörterungen der ersten Beschäftigung der wissenschaftlichen Technik mit den Angelegenheiten der Stabilität des Eisenbahnoberbaues begegnen und es darf Genugthuung gewähren, dass es deutscher Klarblick auch hier gewesen, der die grosse Wichtigkeit solcher Ermittlungen mit solchem Gewichte der Ueberzeugung erkannt hat, um einen so wesentlichen Aufwand von Mühen und pekuniären Mitteln zu veranlassen, als der durch die v. Dechenschen Experimente erforderte war.

Erste schmiedeeiserne Schienen mit quadratischem Querschnitte.

Schon im Jahre 1805 hatte der Ingenieur Nixon an der Walbottee Kohlengrube bei Newcastle on Tyne versucht, die zerbrechlichen Gusseisenschienen durch schmiedeeiserne Barren zu ersetzen, die er mit 2 Fuss Länge und quadratischem Querschnitte von $1\frac{1}{2}$ Zoll Breite in Stühle legte und dort, überblattet, mit einem Bolzen befestigte. Diese kurzen Stücke zeigten sich so biegsam, dass der Widerstand der damit ausgeführten Gleise sich übergross zeigte und ihre Anwendung sich nicht verbreitete.

Erste über mehrere Stützpunkte hinweg reichende Schienen.

Etwas richtiger konstruirt und zweckmässiger im Gebrauche, zeigte sich ein Gleis, das im Jahre 1808 in Cumberland auf dem Werke des Lord Carlisle, Tindal Fell, aus walzeisernen Barren von 12—15 Fuss Länge und oblongem Querschnitte von $1\frac{1}{4}$ Zoll Breite und 3 Zoll Höhe hergestellt wurde¹⁹⁾. Man fand jedoch, dass die Widerstände auch auf diesen Gleisen beträchtlich grösser sich zeigten, als auf denen mit gusseisernen Schienen und maass diese Erscheinung, ohne sie durch das Experiment zu studiren, irriger Weise nicht der stärkern Durchbiegung der Eisenstäbe

19) *Curr, Coal Viewer and Builder. London 1797.*

zwischen den Stützpunkten, sondern der Natur des Schmiedeeisens selbst bei. Auch schnitten die schmalen Schienenoberflächen so schnell in die Radkränze von weichem Guss-eisen ein, dass, so bequem sich die Konstruktion auch für die Herstellung und Unterhaltung des Gleises auswies, doch von Anwendung rektangulärer Schmiedeeisenstangen abgesehen werden musste, wenn man die Kosten für ein wirklich genügend stabiles Gleis nicht ungebührlich anwachsen sehen wollte.

Nichts desto weniger blieb der Wunsch nach Herstellung schmiedeeiserner Gleise lebendig, wie aus zeitgenössischen Erläuterungen vielfach hervorgeht.

Dies Bestreben wurde seiner Erfüllung durch eine Erfindung John Berkinshaw's, Chef-Technikers der berühmten Bedlington Eisenwerke zugeführt, die derselbe sich im Oktober des Jahres 1820 patentiren liess.

John Berkinshaw erfindet 1820 das Schienenwalzen.

Mit dieser Erfindung tritt der eiserne Weg der Spurbahnen aus dem Zustande der Kindheit. Es ist die des Walzens des Schmiedeeisens in lange profilirte Stäbe. Von da ab schreitet die Entwicklung des Oberbaues der Eisenbahn auf demselben Wege fort.

Das Bestreben Berkinshaws und seiner Auftraggeber, unter denen sich zunächst auch Georg Stephenson befand, der im August 1821 zum leitenden Ingenieur für den Bau der Stockton- und Darlington-Bahn gewählt worden war, ging dahin, die besste Form der gusseisernen Schiene im Walzeisen nachzunehmen.

Irrthümer bei Konstruktion der gewalzten Schienen.

Es gehört diess zu jenen bedeutsamen, lange fortwirkenden Irrthümern, von denen die Geschichte des Eisenbahnwesens eine so überraschende Anzahl aufzuweisen hat.

Sie behandelte, der missverstandenen Materialersparniss halber, den kontinuierlichen bald von oben bald von unten in Anspruch genommenen Träger einer 15 Fuss langen Eisenbahnschiene, wie eine Folge unzusammenhängender, nur von oben nach unten beanspruchter Träger, wie sie die Spurbahn mit Gusseisenschienen dargestellt hatte. Die

Konsequenz dieses Irrthums ist die, durch fast 20 Jahre gehende Anwendung von schmiedeeisernen sogenannten „Fischbauch-Schienen“ gewesen, der sehr grosse Kapitalien in falsch konstruirten Schienen geopfert worden sind.

Das Vertrauen zu den Berkinshaw'schen gewalzten Schienen war so rasch gestiegen, dass Georg Stephenson, obwohl ihm die Anwendung der nach seinem eigenen Patente konstruirten Gusseisenschienen sehr bedeutende Summen eingebracht haben würde, doch nicht umhin konnte, deren ausschliessliche Verwendung auf der Stockton-Darlington-Bahn zu empfehlen²⁰⁾. Nichts desto weniger wurde zunächst die Hälfte der Bahn mit Gusschienen belegt. Die

Gewalzte Schienen mit pilzförmigem Querschnitte und Fischbauchform.

Schienen der Stokton-Darlington Bahn waren die ersten, die in grösserer Masse (800 Tons) bei Berkinshaw bestellt wurden, wogen 28 Pfd. pro Yard, waren $2\frac{1}{4}$ im Kopf, $\frac{3}{4}$ Zoll im Steg breit, im Stuhl 2 Zoll, in der Mitte der Rippe $3\frac{1}{4}$ Zoll hoch.

Losh's Fischbauchschiene mit Leisten an der Rippe. Unsymmetrisches Profil wegen Befestigung der Schienen in dem Stuhle.

Die Fabrikation der „Fischbauch-Schiene“ war nicht ohne Schwierigkeit, besonders als, nach Losh's Patent, noch Leisten an die Unterseite gewalzt und, der Befestigung in den Stühlen halber, die beiden Seitenflächen der Schienen nicht symmetrisch gemacht wurden. Da nun die durch Ausschnitt der Ellipsen herbeigeführte Materialersparniss sich bald als von geringerem pekuniären Werthe auswies, als die Bequemlichkeit, welche die Anwendung von Schienen mit paralleler Ober- und Unterfläche mit sich brachte,

Gewalzte Schienen mit paralleler Ober- und Unterfläche.

so wandten sich schon im Jahre 1824 verschiedene Ingenieure der Benutzung der letzteren Konstruktion zu. Aber ein lebhafter Meinungswechsel über die Verdienste beider blieb noch geraume Zeit hindurch bestehen und die Liverpool-Manchester Eisenbahn wurde noch mit Fischbauch-

Erste ausgedehnte Anwendung von Parallelschienen.

Schienen von 35 Pfd. Gewicht pro Yard ausgeführt. Die erste durchaus mit parallelen Schienen ausgeführte Bahn scheint die Clarence Bahn bei Durham gewesen zu sein.

20) *Smiles, Life of George Stephenson.*

Untersuchungen über die Eigenschaften der beiden Konstruktionen wurden nicht angestellt und man begnügte sich bei Wahl der Schienenform für eine neue Bahnlinie die subjektiven Meinungen einiger Praktiker zu hören, eine Methode, die man auch jetzt noch (*incredibile dictu*) bei den wichtigsten Entschliessungen in technischen Fragen an vielen Orten anzuwenden pflegt.

Alle diese Schienen waren solche, deren Befestigung auf der Unterlage die Anwendung von Stühlen erforderte.

Es scheint dem empirischen Gefühle für den Zusammenhalt der Gleise bei den ersten Eisenbahn-Technikern nicht gemäss gewesen zu sein, an die Verwendung von Schienen höher gestreckten Profils, die, ohne Vermittelung von verbindenden Elementen, direkt auf den Unterlagen befestigt werden konnten, zu denken, auch musste die Technik des Schienenwalzens auf eine gewisse Höhe der Vollkommenheit gelangt sein, ehe man darauf fallen durfte, Schienen mit einem Fusse von solcher Breite zu konstruiren, dass dieselbe, bei einiger Höhe des Profils, Garantien gegen das Umkanten der Schienen versprach. Es gehörte daher die Ursprünglichkeit des amerikanischen technischen Genius dazu, um diese Idee, so trivial und natürlich uns jetzt dieselbe erscheinen mag, zu koncipiren und ins Leben zu führen.

Wir finden die Anwendung solcher Schienen in der Geschichte der Eisenbahntechnik zuerst auf einer der Bahnen in den östlichen Staaten von Nordamerika, von Boston nach Providence, wo der kühne Ingenieur Mason Patrick sie im Jahre 1833 zuerst fertigen und verlegen liess.

Erste breit-
basige
Schiene.

Wie so viele Erscheinungen im Eisenbahnwesen ging das System fertig, fast genau so gestaltet wie wir es jetzt verwenden, aus dem Konstruktionsbureau des Erfinders hervor, und kehrte erst, nachdem es eine grosse Anzahl un-lebensfähiger Verbesserungsformen durchlaufen hatte, wieder in die ursprüngliche, praktische Gestalt zurück.

Erster Ober- Mason Patrick verwandte, zu grossem Kopfschüt-
bau mit breit- teln seiner Kollegen, Schienen mit 4 Zoll breitem Fusse
basiger
Schiene und und 4 Zoll Höhe von 55 Pfund pro Yard Gewicht und na-
Quer- gelte sie direkt auf Lärchenholzschwellen, die 3 Fuss aus-
schwellen. einander lagen. Dieser Oberbau wurde, als die Bahn 1835
in Betrieb kam, allgemein für zu schwach, die Durch-
biegungen desselben für zu beträchtlich gehalten, so dass
nur noch eine Bahn mit nach ähnlichem Prinzipie

Breitbasige konstruirtem Oberbau versehen wurde, die von Bolton
Schienen auf nach Lowell. Doch liess hier Patrick selbst die Schienen
Steinwürfeln. nicht auf Schwellen, sondern auf Steinwürfel von 2 Fuss
Breite legen, die an den Stössen 2' 6" in der Mitte 3' 6"

Festgeramm- auseinander lagen und auf dem starken Schotterbette mit-
te Steinwür- telst einer kräftig wirkenden Wippramme festgeschlagen
fel. wurden.

Näherlegung Wir begegnen hier dem in Bezug auf den Fortschritt
der Schienen- der Kenntniss vom Zusammenhalt der Gleise wichtigen
stützpunkte Faktum der Näherlegung der Stützpunkte an den Stössen
an den Stössen. zuerst.

Breitbasige Alle von da ab, bis mit Schluss des Jahres 1838 in
Schienen auf Amerika mit breitbasigen Schienen ausgeführte Bahnen, von
Langschwel- denen wir nur die Auburn - Rochester-, Long-Island, Me-
len und Quer- dison - Indianapolis, Camden-Amboy-, Philadelphia-Reading-,
schwellen als Georgia, Pontchartrain, Natchez-Canton Bahn nennen, waren
Spurerhalter sämtlich mit Langschwellen unter den Querschwellen ver-
sehen, die dann in Distanzen von $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ Fuss frei die
Schiene trugen. Nur so wurde die Widerstandsfähigkeit
des Oberbaues mit breitbasigen Schienen, deren keine in-
dess höher als 4 Zoll und schwerer als 56 Pfd. pro Yard
war, für ausreichend gehalten.

Im Jahre 1836 verpflanzte der berühmte Ingenieur
Charles Vignoles die breitbasige Schiene nach England,
wo sie zunächst nur zu Gleisen verwendet wurde, die beim
Bau der Bahnen dienten. Später wurden die Hull-Selby-
North-Shields-, Bolton-Manchester- und London-Croydon-
Bahnen zwar damit versehen, jedoch auch hier nicht ohne

das Langschwellengerüst aus in Verband gelegten, 3zölligen Pfosten bestehend, unter der Querschwelle. Die breitbasige Schiene der London-Southampton-Bahn wurde in walzeiserne Chairs gelegt.

Nach allen von uns angestellten umfassenden Ermittlungen scheint in der That die Leipzig-Dresdener Bahn die erste in der Welt gewesen zu sein, auf der die breitbasige Schiene, nur auf Querschwellen gelagert, im grossen Maasstabe und andauernd zur Anwendung gekommen ist und ihrem Erbauer Theodor Kunz, einem Techniker von grossem instinktiven Klarblicke, gebührt die Ehre, mit diesem Wagnisse dies in gewissem Sinne und für gewisse Verkehrsbeträge rationellste aller Oberbau-Systeme in das Leben geführt zu haben. Es gehört dies zu den vielen Verdiensten dieses ausgezeichneten Mannes, die bei weitem nicht genug und da am wenigsten gewürdigt worden sind, wo man dazu am tiefsten verpflichtet gewesen wäre.

Erste Anwendung der Vignoles-Schiene auf Querschwellen im Grossen beim Oberbau der Leipzig-Dresdener Eisenbahn. Theodor Kunz's Verdienste.

Der den Verkehrsmassen und Betriebsmittelgewichten entsprechenden Höhenentwicklung des Profils der parallelen Chairsschienen war durch die Rücksicht auf den Zusammenhalt der Gleise keine Schranke gesetzt. Nichts hinderte, die stützenden und mit den Unterlagen verbindenden Elemente dieser Höhe gemäss zu gestalten. Dem war nicht so bei der breitbasigen Schiene. Die Schwierigkeit einen sehr breiten Fuss gesund aus der Walzung zu erhalten, beschränkte die Vergrösserung der Höhe des Profils, der Widerstand, den der Hals der Schiene gegen seitliche Pressungen zu leisten hatte, verbot die Abminderung der Stärkendimension desselben zu Gunsten der nutzbaren Höhe. So kommt es, dass in diesem Augenblicke die Entwicklung des Eisenbahnoberbaues in Bezug auf die Form der Schiene im Allgemeinen zu einem Stillstande gekommen ist und nur im Detail der Konstruktion merklich bleibt.

Was aber, in Bezug auf die Ausbildung der Form des Schienenprofils, theoretisch gegrübelt, praktisch experimentirt worden ist, davon geben über ein halbes tausend ver-

schiedene auf den Eisenbahnen in Gebrauch gewesene und noch befindliche Profilgestalten Zeugnis. Niemals ist im Mittelalter auf die Findung des Steins der Weisen der tausendste Theil der Kosten verwendet worden, die diese Forschung verschlungen hat. Jedes der hunderte jener Schienenprofile repräsentirt ein Experiment, das irgend eine theoretische Spekulation oder ein praktisches „Gefühl“ eines leitenden Technikers für unabweisbar erforderlich hielt. Welche Summen, welche Unannehmlichkeiten wären Verwaltungen und Fabrikanten erspart worden, wenn dieser und jener Ingenieur es hätte über sich gewinnen können, nicht die seiner subjektiven Ansicht nach ideale, sondern eine gute, vorhandene, schon bewährte Schienenform zur Anwendung zu empfehlen. Dagegen ist freilich die wissenschaftliche Technik bei Anstellung jener immensen Experimente nicht zu kurz gekommen.

Entwickelung der Elemente der Schienenverbindung.

Bei Weitem complicirter noch als die im Allgemeinen nach einfachen Principien fortschreitende Entwicklung der Schienenform, ist die der Elemente, welche die Verbindung der eigentlichen Fahrbahn in transversaler und longitudinaler Richtung und ihrer Lagerung im Grunde vermitteln.

Es deutet dies mit grosser Bestimmtheit darauf hin, wie viel weniger jederzeit die Begriffe über das für den Zusammenhalt der Gleiseersprießliche abgeklärt gewesen sind, als die über die erforderlichen Eigenschaften des Hauptelements der Gleise, der Schienen.

Es würde in der That zu weit führen, und dem Zwecke dieser Blätter nicht entsprechen, wenn man alle die Transformationen der Chairs, Platten, Laschen, Nägel, Schwellen etc. historisch verfolgen wollte, die zahllos und unstät wie Wellenschlag aufgetaucht, mit unglaublichen Kosten ins Leben geführt und — verschwunden sind. Nur in so weit dieselben zur Förderung der Kenntniss vom Zusammenhalt der Gleise beigetragen haben, soll ihrer hier mit wenig Worten gedacht werden.

Bei der ursprünglichsten Form, in der die Enden zweier kurzer gusseiserner Schienen vereinigt wurden, war auf Temperatur-Dimensionsveränderungen der Schienen keine Rücksicht zu nehmen. Sie wurden einfach jede mit einem Bolzen an der aufrechtstehenden Rippe eines gusseisernen Chair festgeschraubt, der sie auf den Unterlagen fixirte. Die Enden der Schienen waren stumpf zusammengestossen. Als man bemerkte, dass durch das unvermeidliche Umkanten der Unterlage sich bei dieser Zusammenfügungsart die Enden der Schienen in bedenklicher Art hoben und senkten und dadurch abknickten, gab man denselben, wie oben erwähnt, eine Art Kugelgelenk, mit dem sie in dem Stuhl ruhten, so dass die ganze Bahn den Senkungen und Hebungen der Unterlage vielgliederig und geschmeidig folgen konnte. (Patent von Losh, Wilson & Bell.) Auch liess man die Schienenenden halb überblattet übereinander greifen.

Hier war von einem steifen Zusammenhalt des Gleises in der vertikalen Richtung abgesehen, es war eine Kette von Schienengliedern auf biegsamem Grunde.

In der That konnte die Bahn mit gusseisernen Schienen ihrer Natur nach nichts anderes sein.

Mit der Anwendung der Fischbauch-Schienen von Walzeisen verwandelte sich das aus einzelnen, fast unabhängig von einander fungirenden Gliedern, zusammengesetzte Bahngleis zwar noch nicht in einen kontinuierlichen, aber doch in einen Träger, dessen freigetragene Theile sich gegenseitig in ihrer Stabilität unterstützten, wo vor Allem das Umkanten der Unterlage beträchtlich abgemindert erschien und, in sehr zu berücksichtigender Weise, statt alle 5 Fuss, nur alle 15 Fuss der Gleislänge vorkommen konnte.

Jetzt stand auch der Anwendung des Keils zur Befestigung der Schienen im Stuhl Nichts mehr im Wege und die primitivste Konstruktion dieses Systems, die welche Georg Stephenson beim Baue der Stockton-Darlington Bahn angewandte, und bei der ein eiserner Keil von quadratischem

Der eiserne
Keil im guss-
eisernen
Stuhle.
Schienen-
kuppelung
der Stockton-
Darlington-
Bahn.

Querschnitte, Steg und Fuss-Rippe der Schiene fest nach oben und der Seite im Stuhl presste, blieb, so lange überhaupt unelastische Keile zur Befestigung der Schienen in den Stuhl angewandt wurden, die praktischste von allen.

Wie wenig dieselbe indess den Ansprüchen der Betriebspraxis entsprach, dafür leistet die Unzahl von Variationen Zeugnis, in der das Thema der Zusammenfügung von Schiene an Schiene und der Schiene im Stuhl von da ab vorgetragen wurde. Die Grundtöne blieben zwar hierbei fast immer Stuhl, Schiene und Keil, doch brachte Robert Stephenson bei der ersten Gleisstrecke der London-Birminghamer Bahn auch Spitzen in Anwendung, die mittelst Keilen gegen die Schienen gepresst wurden.

Spitze und
Keil im guss-
eisernen
Stuhl.

Es ist kaum eine Form des Stuhls, des Schienenprofils oder Keils, keine Richtung der Pressung dieser Theile gegen einander denkbar, die nicht für den Zusammenhalt von Schiene und Schiene, Schiene und Stuhl für am erspriesslichsten gehalten worden wäre. Mit dem Ueberblatten der Stösse glaubte man das Problem gelöst zu haben, und da sich hierbei der Hals der Schiene zu sehr geschärft zeigte, fabrizirte 1835 Losh seine bewunderte Schiene mit am Nacken verdrückten Halse, die für ein Mirakel der Walzkunst galt. Welche Inkonvenienzen sich bei der Anwendung dieser Konstruktion zeigen mussten, davon bedarf es keiner Erwähnung für den Praktiker.

Schienen-
kuppelung
mit ver-
drücktem
Schienen-
halse von
Losh.

In ihr drittes Stadium trat die Ausbildung der in Rede stehenden Zusammenhaltsorgane mit der Anwendung der parallelen Walzeisenschienen. Jetzt wurde das Gleis eigentlich zum kontinuierlichen Träger, dem sich, durch angemessene Distanzvertheilung der Stützpunkte, in allen seinen Theilen theoretisch gleiche Flexionen geben liessen. Aber die Nothwendigkeit, auf die Temperatur-Dimensionen Rücksicht zu nehmen, machte nun auch die unwandelbare Zusammenfügung der Enden unthunlich erscheinen. Die mit der Elastizität des ganzen Gefüges der Gleise verknüpften Biegungen, die Erzitterungen, welche die Bewegung der Fuhrwerke in dem-

Lösung der
festesten Zu-
sammen-
fügungen
ohne
elastische
Elemente.

selben erzeugte, machte es praktisch evident, dass ein haltbarer Zusammenhalt durch ausschliesslich unelastische Theile nicht herzustellen war. Auch das festeste, sorgsamst hergestellte Gefüge dieser Art lüftete sich stets und verkündete die Aufgabe seiner Funktion sehr bald durch jenes bedenkliche, dem Eisenbahntechniker nur zu wohl bekannte Klirren.

Es ist Nirgends zu ermitteln, dass der elastische Keil vor dem Bau der London-Birminghamer Bahn im Jahre 1836 in Anwendung gekommen ist und Robert Stephenson ist mithin mindestens als der Einführer dieses bedeutsamen Elements des Gleiszusammenhaltes bei der Stuhlbahn anzusehen. Er wandte ihn zuerst bei der 55 Pfd. pro Yard schweren, symmetrischen Doppelkopfschiene an, die ebenfalls ihre Konstruktion ihm verdankt und zwar legte er, in anscheinend ganz richtigem Gefühle, den Keil auf die Innenseite des Gleises, so dass die Räder durch ihre Konicität und den Anprall der Spurkränze die Schiene nach aussen an die hohe feste Rippe des Stuhles drängten.

Der
elastische
Keil.

Der Keil auf
der Innen-
seite der
Schiene.

Es ist ein sehr bedeutsamer Beitrag zur Kenntniss der Elemente des Zusammenhalts der Gleise, dass bei dieser Konstruktion, wo alle harten Stösse sich, unvermittelt durch irgend welche Elasticität, nach aussen auf die Verbindungstheile zwischen Stuhl und Unterlage (Schwellen, Würfel etc.) fortpflanzen, ein dauernder Zusammenhalt dieser Organe durchaus nicht zu erzielen war.

Auf seines berühmten Helfers und Zöglings Wild Vor- schlag wendete daher Stephenson bei fernerer Ausführungen die Anordnung um und legte die Keile nach aussen, so dass sie durch ihre Elasticität den Erschütterungen und Pressungen, die das Gleis zu erweitern streben und die bei weitem bedeutsamsten sind, etwas von ihrer Schroffheit nahmen und die Verbindungen zwischen Stuhl und Unterlage einigermaassen von ihren Anstrengungen entlasteten.

Der Keil auf
der Aussen-
seite der
Schienen.

Die auf diese Weise ausgeführten Gleise zeigten das oben erwähnte Losewerden auf der Unterlage in sehr ab-

mindertem Maasse und der ganze grosse Versuch gab den Gleiskonstrukteuren einen sehr bedeutsamen Fingerzeig, der nicht immer genug beherzigt worden ist.

Mit der Konstruktion des zweiten stärkern Schienengleises der London-Birminghamer Bahn mit symmetrischen Doppelkopfschienen, von 65 Pfd. Gewicht pro Yard, starken Stühlen und aussenliegenden elastischen Keilen im Jahre 1838 schliesst die Entwicklung der Stuhlbahngleise in Bezug auf Verbindung von Schiene und Schiene, und Stuhl und Schiene eigentlich ab.

Der gedörrte,
gesottene,
gepresste
Holzkeil. Der
elastische
Metallkeil

Welche Form dann noch Stühlen und Keilen gegeben worden ist, ob man letztere von künstlich gedörrten in Oel gesottenen oder mit hydraulischen Pressen zusammenge-drücktem Holze, von hohlen Stahl- und Eisenkörpern herstellte, ist für das Prinzip irrelevant und konnte nur dessen Anwendbarkeit vermehren oder abmindern.

Verschie-
bung der
Gleise beim
Betriebe in
der Längen-
richtung der
Schienen.

Die Praxis gab im Laufe der Zeit an dem so konstruirten Gleise einen ferner für unsere Ziele sehr bedeutsamen Hinweis. Es zeigte sich nämlich, dass die Keile, die erst in der Richtung der Fahrt (mit den dünnen Enden) in die Stühle geschlagen waren, sämmtlich sehr bald lose wurden, und die Schienen auf grossen Strecken sich zusammenschoben, während wenn das umgekehrte der Fall war, das Ganze sich weit unverändert erhielt.

Es traten hier dieselben Erscheinungen zu Tage, die bei Anwendung der Schienen mit breitem Fusse, die so wenig konstruktiven Einklinkungen nothwendig gemacht haben.

Die Zusammenfügung der Brückenschiene mit ihrer Unterlage hat für das Studium des Zusammenhalts der Gleise keine Resultate gegeben.

Erste Zu-
sammen-
fügung der
breitbasigen
Schienen.
Stossplatte
mit Rand und
Nagel.

Die Zusammenfügung der ersten überhaupt angewandten flachbasigen Schiene auf der Boston-Providence Bahn geschah fast in derselben, ja soliderer Weise, wie wir sie bis zur Einführung der Laschenverbindungen fast auf allen Bahnen mit flachbasigen Schienen sahen. Die Enden der Schienen

lagen auf einer Platte, mit einem oder zwei aufgewalzten Rändern, zwischen denen der Schienenfuss ruhte. Auf der Platte, und in vertikaler Richtung überhaupt, wurde die Schiene lediglich durch die Nägel festgehalten, die mit Haken über ihren Fuss fassend, in das Holz der darunter liegenden Schwellen gingen und hierin blos durch die Reibung festsassen.

Es deutet sehr geeignet darauf hin, dass das Hauptmoment des Zusammenhalts der Gleise mit breitbasigen Schienen ganz wo anders zu suchen sei, als im Halt der Nägel im Holz, da dieses System der Stossverbindung so lange und selbst für Bahnen, auf denen starke und schnell bewegte Verkehre bewältigt wurden, für genügend galt, obgleich es so ganz den Charakter des amerikanischen „*Go-ahead*“ trägt und die Zusammenfügung in der That kaum den Namen einer Verbindung der Schienen verdient, da sie eine Verdrückung von deren Köpfen sowohl in der vertikalen als horizontalen Ebene gestattet.

Den Gleisen der Boston-Providence Bahn ist, wahrscheinlich durch die Einflüsse des damals bei der Leipzig-Dresdener Bahn fungirenden, in Amerika gebildeten Ingenieurs Köhler, die Gleiskonstruktion mit breitbasigen Schienen dieser Bahn nachgebildet worden, nur hatte derselbe, durch Weglassung der zweiten Rippe an der Unterlagsplatte die Verbindung noch unzuverlässiger gemacht.

Bei einer der ältesten amerikanischen Bahn mit breit-^{Erste Mittel}basigen Schienen, der 1837 eröffneten Long-Island Bahn, ^{zur Verhin-}begegnen wir auch zuerst, und zwar gleich in höchst prak- ^{derung der}tischer Form, einer Maassnahme, welche die Verschiebung ^{Längenver-}der Schiene in der Längsrichtung zu verhindern den ^{schiebung}Zweck hat. ^{der Schienen.}

Der Schienenfuss hat nämlich zwei Zoll von einem Ende der Schiene zwei kleine Ausschnitte, die in Erhöhungen passen, welche auf der zolldicken gusseisernen Stossplatte angebracht sind. Es verrichtet dies denselben Dienst, nur in weit vollkommenerer Weise wie die später an andern

Stellen der Schienen angebrachten Einklinkungen, in welche Schienennägel, die nur im Holze steckten, passten. Die Vorzüge, welche in jeder Richtung, sowohl was die Wirksamkeit der Maassnahme als Vermeidung der Abschwächung der Schienen anlangt, die amerikanische Konstruktion vor der spätern deutschen hatte, liegen auf der Hand.

Einklinkungen der Schienen.

Einklinkungen der Schienen wurden in Deutschland zuerst an der Berlin-Anhaltischen Bahn im Jahre 1841 angewandt.

In neuester Zeit hat man sich vielfach mit Maassnahmen beschäftigt, durch welche die Einklinkungen, die mit einer, besonders bei Stuhlschienen oft als gefährlich auftretenden, Abschwächung der Schienen verknüpft sind, ersetzt werden können. Die Verhandlungen der deutschen Techniker-Versammlung zu München leisten hierfür Zeugnis. Doch ist man bis jetzt zu einem wirklich entsprechenden Ersatzmittel nicht gekommen, obwohl von der Kaiser Ferdinands Nordbahn an die Schienen angeschraubte, zwischen die Nagelköpfe passende Winkel gute Dienste leisten sollen.

Die ausserordentliche Mangelhaftigkeit der oben beschriebenen Stossverbindung liess die Ingenieure der frequenteren amerikanischen Bahnen früher als die deutschen nach deren solidern Umgestaltung suchen und wir finden sehr bald die Bahnen mit wahren Musterkarten von Stossverbindungen breitbasiger Schienen bedeckt.

Stuhlverbindung an breitbasigen Schienen.

Die Madison-Indianapolis Eisenbahn, 1838 eröffnet, wandte zuerst flache gusseiserne Stühle an den Stössen der breitbasigen Schienen an, welche den Fuss auf der Innenseite des Gleises mit einer starken Knagge übergriffen, während derselbe auf der Aussenseite durch aufgeschraubte Platten niedergehalten wurde; eine offenbar sehr solide Zusammenfügung. Diese Bahn bediente sich auch zuerst der Zwischenunterlagsplatte in der Mitte der Schiene, einer Stossplatte mit Doppelrippe völlig gleich, da ihre Ingenieure Monroe und Wirt Robinson eine seitliche Verschiebung

Zwischenunterlagsplatten an andern als den Stossstellen.

der Schienen auf ihren Unterlagen bemerkt zu haben glaubten.

Es ist dies ein Faktum, das, besonders durch sein frühes Datum merkwürdig, in einem historischen Abrisse von der Kenntniss des Zusammenhalts der Gleise ganz besonders registriert zu werden verdient.

Mit zwei Schrauben an einem einseitigen, gusseisernen Einseitiger Stuhle angebolzt, sehen wir die Enden der Schienen auf gusseiserner Stuhl und der Philadelphia-Reading Bahn. Auf der Philadelphia-Bolzen zur Baltimore - Wilmington Bahn werden sehr unpraktische, Verbindung gusseiserne, fast dicht den Fuss und halben Hals der breitbasiger Schienen. Schiene umschliessende Stühle auf die Schienenenden ge-Gusseiserner Stuhl u. Keil schoben und diese mit einem eisernen, nach unten und der zu gleicher Seite wirkenden Keile darin festgeschlagen. Die Baltimore Verbindung. Susquehannah Bahn bedient sich der doppelrippigen Unter- Unterlagsplatte und lagsplatte, nagelt aber die Schienen in derselben nicht fest, Bolzen. sondern führt drei Bolzen durch die Stossschwellen und befestigt mittels derselben und aufgespaltener Keile Platten über dem Schienenfusse, die auf denselben drücken. Auf Nagelung der Pontchartrain Bahn (in Louisiana) ist die eine Seite durch den des Fusses beträchtlich breiter, als die andere hergestellt Schienenfuss und runde Nägel durch denselben hindurch, in 2 Fuss Entfernung, eingetrieben. Unter den Stössen liegen doppelrippige Platten.

Es konnte nicht fehlen, dass mit der Verpflanzung der breitbasigen Schiene nach England, der Blick auf die soliden Stosskuppelungen der Doppelkopfschienen sehr bald dazu führen musste, ähnliche Konstruktionen für die Zusammenfügung der breitbasigen Schiene anzustreben. Die Form derselben erschwerte dies aber ungemein, machte den Stuhl breit, weit offen und zerbrechlich, die Keile dicker und daher unter den atmosphärischen Einflüssen wandelbarer, somit die Befestigung in dem Stuhle ungenügender.

Die Hauptform der in England angewandten guss-Holzkeil zur eisernen Stosskuppelung für breitbasige Schienen ist zuerst Kuppelung auf der Birmingham und Gloster Bahn von Cubitt aus- breitbasiger Schienen.

geführt worden. Sie besteht in einem starken Stuhle, an dessen äusserer Backe sich der Hals der Schiene anlehnt, während der Fuss derselben in einen Spalt fest darunter greift, so dass der Keil, so lange er seinen Dienst vollkommen thut, die Schiene sehr solid in ihrer Lage hält und selbst, wenn er lose wird, kann keine bedeutende Ortsveränderung der Schienenenden stattfinden. Diese beste aller Chairs-Stossverbindungen für breitbasige Schienen hat im Jahre 1843 einer der talentvollsten deutschen Ingenieure, der leider früh verstorbene Rudolf Gribel, durch Ausführung auf der Bonn-Kölner Bahn, nach Deutschland verpflanzt und der Verfasser hat sie später auf der Chemnitz-Riesaer Bahn in Anwendung gebracht.

Stuhl und
runder Doppel-
keil zur
Kuppelung
der breitbasi-
gen Schiene.

Eine zweite Form der gusseisernen Stossverbindungen für breitbasige Schienen hat auf der London und South Eastern Bahn Verwendung gefunden. Hier ist der niedrige Stuhl über die Schienenenden geschoben und diese sind mittels zweier nach unten und seitlich wirkender, runder Keile darin festgeschlagen. Häufige Brüche, Losewerden und unbequeme Anwendung haben diese Verbindung weiter keine Verbreitung finden lassen.

Es kann nicht Zweck und Amt dieser Blätter sein, alle die mehr oder weniger gelungenen, in grösseren oder kleineren Kreisen zur Ausführung gebrachten Versuche und Ideen zu verfolgen, welche die Tendenz hatten, den flachbasigen Schienen, mittels gusseiserner Organe, eine solidere Verbindung in longitudinaler Richtung, ein exakteres Festhalten der Köpfe in einem Niveau und einer Linie zu geben. Die Form der Schienen widerstrebte *a priori* diesen Versuchen und liess in der That nur den einen endlich eingeschlagenen Weg zu Erreichung dieses Zweckes offen: den der Verbindung der Schienenenden durch seitlich angeschraubte oder angenietete Schmiedeeisen- oder Stahlstücke: die Verlaschung.

Schon in der Mitte der vierziger Jahre wurde die Ueberzeugung laut, dass dies das einzige Mittel sei, solide Stossverbindungen der Schienen überhaupt herzustellen. Aber während man einerseits die Verwirklichung dieser Idee, welche anscheinend die Gesammtheit der Schienen eines Gleisstrangs zu einem unwandelbar in seiner vorgeschriebenen Richtung gehaltenen Ganzen zu machen versprach, um der damit verbundenen Kosten und Schwierigkeiten willen unter die frommen Wünsche rechnen zu müssen glaubte, überschätzte man andererseits die gehoffte Wirksamkeit dieser Organe beträchtlich. Dass die Halbkraft der Laschen an den Schienen sich fast verschwindend klein gegen die Kräfte zeigen müsse, welche Biegungen und Verdrückungen der Schienenstösse hervorzubringen streben, dass die Profile der wenigsten Schienen dazu geeignet seien, den Laschen festen Sitz zu geben, dass die Bolzen sich ununterbrochen lösen würden, und dass die Wirksamkeit der Laschen durch Alles dies um ein Wesentliches vermindert werden müsse, vergegenwärtigte man sich eigentlich nirgend.

Das Bedürf-
niss der Ver-
laschung der
Gleise u. die
davon geheg-
ten Erwar-
tungen.

Wie lebendig man aber, Angesichts des Klapperns der Schienenenden auf den Stossplatten, der sichtlichen Verschiebungen der Köpfe in vertikaler und horizontaler Richtung beim Befahren der Gleise, das Bedürfniss nach einer rigideren und die einzelnen Elemente des Oberbaues solidarischer machenden Konstruktion des Schienengestränges fühlte, dafür leisten die Bestrebungen von Breithaupt in Bückeburg und Busse in Leipzig (1844 und 46) Zeug- niss, die die Schienen durchaus aus in Verband zusammen- geschraubten Stücken herzustellen vorschlugen. Schon 1840 waren die bekannten Ingenieure Latrobe und Winslow mit ähnlichen Projektenorgetreten und es wurden in Amerika Gleisstrecken nach solchem System ausgeführt. Die Schwierigkeit, zu verhindern, dass der Zusammenhalt des kombinierten Körpers durch Losewerden der vereinigen- den Bolzen gestört werde, liess die Versuche scheitern,

Busse's und
Breithaupt's
mehrtheilige
Schienen.

derselbe Umstand, der auch heut zu Tage noch den Erfolg der aus mehreren Theilen kombinierten Konstruktionen ganz eisernen Oberbaues so höchst problematisch macht.

Erste
Laschen-
kuppelung.

Die erste Spur von schmiedeeisernen Laschenverbindungen finden wir in Amerika auf der Mississippi Eisenbahn von Natchez nach Canton, die 1838 der Ingenieur van Rensselaer, ein Holländer, mit breitbasigen Schienen von $3\frac{1}{2}$ Zoll Höhe und $3\frac{1}{2}$ Zoll Fussbreite ausführte. Diesem talentvollen Ingenieur schien es mit gutem Rechte, als ob die Festnagelung der Schienenfüsse auf den Schwellen, bei dieser Höhe der Schienen schon durchaus keine Garantie mehr gegen die Verdrückung der Schienenköpfe an den Enden und eine Verschiebung derselben gegen einander in seitlicher und vertikaler Richtung biete. Da nun zugleich die damals bekannten gusseisernen Schienen-Stossverbindungen für breitbasige Schienen alle ihre Mängel schon kundgegeben hatten, so liess derselbe an jedem Stoss eine schmiedeeiserne Platte mit 2 Bolzen anschrauben, die den Raum zwischen Kopf und Fuss dicht ausfüllte, deren Krümmung eine genügende Stützung dieser Art von Lasche gewährte. Da nun die Schienen überdies auf Langschwellen und die Stösse auf Platten lagen, so wurden die Laschen eigentlich nur in seitlicher Richtung in Anspruch genommen und die sehr primitive Konstruktion erfüllte daher ihren Zweck.

Erste Dopp-
pellaschen
auf der Taff-
Vale Bahn in
England.

Wir finden doppelseitige Laschen-Verbindungen vor Mitte der vierziger Jahre nirgends angewandt und wohl mit zu allererst auf einer der ältesten Bahnen Europa's, der Taff-Vale Eisenbahn. Im Allgemeinen zeigte sich in England die Meinung der Praktiker bis zum Jahre 1852 der Laschenverbindung nicht geneigt. Bolzenbrüche, Losewerden etc. hatten sich zu häufig gezeigt, als dass daraus nicht hätte ein Misskredit erwachsen sollen.

Die hauptsächliche Ursache hiervon wurde dem Umstande zugeschrieben, dass die ersten Laschen fast überall zunächst an alten Gleisen und mit nicht dafür geeigneten, zum Theil schon durch den Gebrauch defigurierten Schie-

nen, unter mühseligen, das Anpassen nicht begünstigenden Verhältnissen angebracht worden waren, so dass deren Ausführung viel zu wünschen übrig liess. Erst vom Jahre 1854 an hob sich die Meinung mit der Zahl der gut und zweckmässig hergestellten Verbindungen dieser Art. Es ist werth hervorgehoben zu werden, dass die ältesten Laschenverbindungen auch zugleich mit dem schwebenden Schwebender Stosse in Anwendung kamen und zwar, naturgemäss, durch den Umstand, dass sie auf Bahnen mit Stuhlgleise ausgeführt wurden, deren Konstruktion die gleichzeitige Verwendung von Lasche und Stuhl am Stosse erschwerte. Diese Konstruktion, die in neuester Zeit in Deutschland zu so vielen Erörterungen und Untersuchungen Anlass gegeben hat, an so vielen Stellen als eine Art gewagten Versuchs betrachtet worden ist, kam als ganz selbstverständlich und ohne allen Zweifel an ihre Brauchbarkeit in den Ländern, deren Bahnen in der Mehrheit mit Chairs ausgeführt sind, zur Anwendung im Grossen.

Die ältesten englischen und französischen Laschenverbindungen zeigen 15, 18 und selbst 20 Zoll und 45 bis 50 Centimetres lange Laschen, (die niemals mit ihren Enden auf Schwelle oder Stuhl aufruhend), zwischen zwei Stühlen liegend, deren Distanz etwas gegen die derjenigen abgemindert ist, welche die volle Schiene stützen. Auf denjenigen Gleisen, bei denen zuerst in Frankreich die Laschenverbindung im Grossen in Anwendung kam, denender *Chemin de fer du Nord*, stehen die Stühle am Stoss 0,75 Met. von Mitte zu Mitte auseinander, die übrigen 0,93 Met. Die Laschen wiegen hier 9,6 Kilogr. und sind 45 Centim. lang. Die zunächst ältesten Gleise, auf den *Chemins de fer de l'Est*, haben ebenfalls Laschen von 45 Pfd. Länge, 9,8 Kilogr. Gewicht bei Schienen von 71 Pfd. per Meter Schwere und die Schwellendistanzen betragen beziehentlich 0,75 und 0,87 Met.

Bis zum Jahre 1851 scheinen nirgendwo Schienen, deren Profil ausdrücklich für den Laschenanschluss kon- Keilförmiger Laschenanschluss.

struirt gewesen wäre, fabricirt worden zu sein. Bis dahin wurden nur Gleise mit Schienen üblichen Profils „verlascht“, was fast überall, wo die Arbeit in intelligenten Händen war, ohne Unterbrechung des Bahn-Betriebes erfolgte, indem die Löcher in die Schienenhalse mittels transportabler, horizontal wirkender Bohrmaschinen oder Durchstösse eingebracht wurden.

Sehr bald aber wurde man gewahr, dass den mächtigen Einwirkungen gegenüber, die das Zwischendrängen des birnenförmigen Schienenkopfes zwischen die Laschen äussert, keine Form und Stärke der Bolzen und Gewinde im Stande war, den Anschluss der Laschen dicht, die Bolzenköpfe fest aufsitzend zu erhalten.

Gegenmuttern auf den Laschenbolzen.

Das Mittel der Anwendung von Gegen-Muttern auf den Bolzen, das sich schon 1850 William Pole hatte patentiren lassen, zeigte sich nicht genügend wirksam. Eben so wenig C. H. Wild's Erfindung, die Laschen mit einer Nuthwalzen zu lassen, in welche die Köpfe der Bolzen passten, die so am Drehen gehindert wurden.

Profilirte Laschen mit Nuth.

Muttern auf d. Innenseite der Gleise.

Als eines der besten Mittel, die Laschenverbindung so wirksam als möglich zu erhalten, empfiehlt schon 1851 C. May später, Direktor der Permanent Way Company zu London, sorgsame Pflege derselben durch die Wärter der Bahn und hält zu diesem Zwecke mit Recht für sehr angemessen, die Muttern sämtlicher Bolzen nach der Innenseite der Gleise zu kehren, so dass der Wärter bei einer Begehung der seiner Pflege anvertrauten Strecke, zwischen den Schienen, sie alle übersehen und die losen mit dem Schlüssel nachziehen könne.

Leider konnte diese sehr entsprechende Maassnahme auf den Bahnen nicht getroffen werden, deren Schienen, wie die meisten damals benutzten breitbasigen, nicht genug Höhe hatten, um den Spurkranz der Wagen über den Bolzenmuttern passiren zu lassen, während es leicht war, dem Bolzenkopfe solche Form zu geben, dass derselbe von diesen Rädertheilen nicht berührt werden konnte.

Dies war auch bei den meisten damaligen deutschen Schienenprofilen der Fall und später hat es, an sehr vielen Stellen, Gewohnheit und die Bequemlichkeit der leitenden Techniker (denn andere Gründe giebt es hierfür bei den hohen Schienenprofilen nicht) bei der Aussenstellung der Bolzenmutter, die es erfordert, dass die Bahnwärter zur Revision der Bolzen doppelt so viel Weg zurücklegen müssen, als bei der Innenstellung der Mutter, belassen.

In Deutschland treffen wir, als diejenigen Bahnen, welche sich am frühesten der Laschenverbindungen bedienten, die Königl. Hannoversche und die Cöln-Mindener. — ^{Erste Laschenverbindungen in Deutschland.} Beide haben schon im Jahre 1848 Gleise damit ausgeführt und, als im Jahre 1849 die Direktion der Kaiser Ferdinands Nordbahn sich Gutachten im Betreff der besten Oberbau-Konstruktion, durch Cirkulare von sämtlichen deutschen Eisenbahnverwaltungen erbat, sprach sich die Administration der Cöln-Mindener Bahn in dem ihrigen bereits für Anwendung von 18 Zoll langen, mit 4 Bolzen befestigten Laschen aus. In gleicher Weise äusserte sich die Königl. Hannoversche Direktion. Im Allgemeinen ergiebt aber die Durchsicht jener Gutachten, dass die Meinung zu Gunsten der Laschenverbindung bis dahin weder weit verbreitet, noch besonders lebhaft war. Nichts destoweniger machten sich deren Vorzüge so bedeutsam geltend, dass ihre Verwendung überraschend schnell Wurzel schlug und, von Mitte der fünfziger Jahre ab, über 60 Procent aller neu ausgeführten Bahnen mit Laschenverbindungen versehen wurden.

Sehr bald suchte man die Tugenden derselben mit denen bis dahin für gut befundener Systeme zu vereinigen, indem man ihnen Stuhlform gab (wie 1849 die Westphälische, später die Bayrische Bahn) oder sie die Schienen vollständig umfassen liess. ^{Komplicirte Laschenkonstruktion.}

So korrekt nun auch diese Konstruktionen zum grossen Theil in der Idee waren, so wenig praktische Verbreitung haben sie gefunden, da die Unvollkommenheit der Gestaltung der Schienen sowohl wie der Laschen beim Walzen v. Weber, Eisenbahngleise.

einen dichten Zusammenschluss derselben auf grössere Flächen verhinderte.

Dieser Umstand auch war es, der die Konstruktionen, welche den Zusammenhalt der Schienen in longitudinaler und transversaler Richtung bezwecken, demjenigen Stadium der Vollkommenheit zuführte, in dem sie sich diesen Augenblick befinden.

Es ergab sich, wie schon oben erwähnt, in der Praxis einerseits die Unmöglichkeit, bei Schienen mit birnförmigem Kopfe das Auseinanderdrängen und Losewerden der Laschen zu verhindern, andererseits fand man, dass bei Schienen, deren Kopf und Fuss mit solchen Krümmungen (Hohlkehle etc.) versehen waren, die der Ober- und Unterkante der Laschen eine direkte und solide Stützung gegen seitliche Ausweichung gewähren sollten, bei der Unmöglichkeit ganz strenger Ausführung der Profilirung der Schienen und Laschen, die Berührung dieser beiden Organe nur auf einzelnen Punkten, höchster Linien, stattfand, so dass die Widerstandsfähigkeit der Konstruktion in ihrer Gesammtheit in keiner Weise der ihrer Elemente entsprach.

Wir haben schon mehrfach in dieser Schrift auf die bei der Entwicklung des Eisenbahnwesens mehrfach hervortretende eigenthümliche Erscheinung hingewiesen, dass viele im Bereich derselben gemachte Erfindungen in ihrer allerersten Form auch die allerpraktischste darstellten und eine Reihe darauf folgender, anscheinender Verbesserungen, nur dazu dienten, dieselbe als die beste zu verificiren.

Dieselbe Erscheinung war bei der Konstruktion zu beobachten, welche einen möglichst soliden und dauerhaften Zusammenschluss von Lasche und Schiene bezweckte.

Das erste in England mit Schienen, die ausdrücklich für die Laschenanbringung konstruirt waren, gelegte Gleis, erhielt Stossverbindungen, welche fast alle Eigenschaften aufweisen, die jetzt für die empfehlenswerthesten solcher Konstruktionen gelten.

Es sind die von W. H. Barlow für die Midland Counties Linie entworfenen und auf derselben und der Leicester und Hitchin Bahn im Jahre 1850 ausgeführten Stosskuppelungen. Die konische Lasche.

Dieselben zeigen als charakteristische Neuerung die konische Form des Laschenquerschnitts, der sich mit breiter Fläche gegen Kopf und Fuss der Schiene stemmt und den Zwischenraum zwischen Schienenhals und Lasche, der ein Einpressen der konischen Körper in einander, mittels der Laschenbolzen, gestattet.

Diese Kuppelungen waren schwebend zwischen zwei Stühle, die 2 Fuss 6 Zoll von einander abstanden, gelegt, die Laschen 18 Zoll lang, die Nuth in der einen Lasche, welche das Drehen des Kopfes hindert, fehlte nicht und das Ganze stellte eine Stossverbindung dar, die an Vollkommenheit kaum von der neuesten Konstruktion übertroffen wird, und ein vollständiges Begreifen aller Anforderungen dokumentirt, die an den Zusammenhalt der Gleise in dieser Richtung zu machen sind.

Der Anwendung der Laschen mit konischem Zusammenschluss mit der Schiene begegnen wir bei breitbasigen Schienen zuerst in einem Patente von J. Pole, nach welchem die Gleise der Llanelly und Vale of Towey Bahn von Samuel im Jahre 1850 ausgeführt worden sind. Pole schnitt die Schraubengewinde des Laschenbolzens in eine der Laschen ein, in der Hoffnung, dass auf diese Weise das Losewerden der Bolzen sich vermindern werde. Dieser Zweck wurde in gewissem Maasse erreicht, aber theils machte sich hier eine unverhältnissmässige Stärke der Laschen erforderlich, theils erschwerte die Konstruktion das Montiren und Unterhalten der Stosskuppelungen beträchtlich. Konische Lasche an breitbasigen Schienen. Beste Maassnahmen gegen das Losewerden der Stossverbindungen.

Abgesehen von dieser Unwesentlichkeit hatte die Laschenkuppelung breitbasiger Schienen mit Pole's Patent das Maass der Vollkommenheit erreicht, das bis diesen Augenblick um keinen Schritt überholt worden ist. Bis diesen

Augenblick ist die Aufgabe: eine Laschenkonstruktion herzustellen, bei der kein Zurückgehen der Muttern, kein Losearbeiten der Laschen stattfindet, noch ungelöst.

Die Verhandlungen der deutschen Techniker-Versammlung zu München 1868 sagen in Bezug hierauf:

„Die bewährteste Abhülfe des Uebelstandes ist in der Konstruktion der Laschenverbindung im Ganzen zu suchen. Nach den bisherigen Erfahrungen hat sich die Wahl eines Schienenprofils, das einen scharfen Anschluss der Laschen an den Kopf und Fuss gestattet, kräftige Bolzen und sauber geschnittene kräftige, jedoch nicht zu steile Gewinde an den nur wenig unter 26 Mmtr. starken Bolzen, mit starken gut schliessenden und wenigstens 12—13 Gewinden hohen Muttern, am besten bewährt.

„Die Anwendung des schwebenden Stosses hat sich dabei als vortheilhaft und den Uebelstand weiter vermin-
dernd ergeben.“

Sämmtliche Bestrebungen auf Verbesserungen in dieser Richtung, welche die Geschichte der Eisenbahntechnik seit vollen 18 Jahren registriert, zeigen daher auf einer Seite ein fortwährend wiederholtes Zurückkehren auf Umwegen, wohin Ehrhart's, Samuel's und unzählige andere Erfindungen gehören, zu bereits auf geraden Wegen erreichten Zielen, theils eine beklagenswerthe Verschwendung von intellektuellen und pekuniären Kräften durch Unkenntniss des schon Vorhandenen und bereits Versuchten.

Ausbreitung
der Laschen-
kuppelung.

Seit vollen 18 Jahren hat die Vollkommenheit der Schienenkuppelung lediglich an Ausbreitung der bessern Konstruktion nicht an Werth der Anordnung gewonnen.

Stagnanz in
den Metho-
den der
Schienenbe-
festigung auf
den Schwel-
len.

Wenn aber ein auffallender Mangel an erfinderischem Geiste uns beim Betrachten der Entwicklung von Konstruktion und Anwendung rationellerer Schienenkuppelungen entgegentritt, so zeigt sich geradezu Stagnanz in den Methoden, nach denen die Befestigung der Schienen auf ihren Unterlagen bewirkt worden ist.

Die alten Holzbahnen wurden, in sehr praktischer Erkenntniss des Erforderlichen, ohne Anwendung von Eisen, mittels hölzerner Dübel zusammengeschlagen; unzweifelhaft die beste Methode Holzgerüste dieser Art zusammenzufügen. Die Flachschienebahnen nagelte man durch versenkte Löcher in den Schienen hindurch mit konischen Nägeln auf ihre Holzunterlagen fest.

Die älteste Befestigung der Stühlchen der Hochkant-^{Aelteste Befestigung der Stühle auf} schiene von Gusseisen auf den Steinwürfeln, die ihnen meist ^{Steinwürfeln.} zur Unterlage dienten, wurde mittels eiserner Nägel bewirkt, die man, durch den Fuss des Stühlchens hindurch, in Holzdübel trieb, welche in Steinwürfel geschlagen waren. Diese Befestigung vererbte sich auch auf die Gleise mit gewalzten Schienen, die in Stühlchen auf Steinwürfeln ruhten. Da, wo die Stühlchen auf Schwellen befestigt waren, trieb man die Nägel direkt in diese.

Bald aber zeigte sich, bei Beobachtung des Zusammen-^{Uebelstände dieser Befestigungs- methoden.} halts der Gleise, dass diese Konstruktion ein genügendes Maass desselben auf die Dauer nicht gewährte, indem die in die Steinblöcke eingetriebenen, von der Luft durch das Stühlchen vollständig abgeschlossenen Dübel, bald stockend und faulend, dem Nagel keinen soliden Halt mehr gewährten. Dasselbe war bei dem, durch die Stühle gedeckten Holze der Schwellen, der Fall. War dies einmal, in nur irgend beträchtlichem Maasse, eingetreten, so gewann der Stuhl auf dem Steine oder der Schwelle Spielraum und begann sich beim Befahren hin und her zu schieben. Dadurch erweiterten sich nun sehr bald die Nagellöcher im Stuhle sowohl, als im Holz, in das der Nagel geschlagen war; der Nagel selbst wurde durch den zwischen ihn und den Stuhl fallenden Sand abgewetzt und bald zeigten sich alle Theile ungeeignet, das Gleis in vertikaler und horizontaler Richtung ferner in Spur zu halten.

Die sodann versuchte Anwendung der Holzschraube und des Bolzens ergab eben so wenig ein befriedigendes ^{Holzschraube und Bolzen.} Resultat, als die Modifikation der Form und des Quer-

schnitts der Nägel. Der Widerstand gegen seitliche Verdrückung, den diese verhältnissmässig dünnen Eisenkörper den ungemein grossen Pressungen entgegenzusetzen hatten, welche der Lauf und das Schwanken der Betriebsmittel auf die Schienen ausübte, liess allenthalben seitliches Nachgeben des Zusammenhalts zwischen Stuhl und Unterlage beobachten, abgesehen davon, dass die Anordnung der durch die Unterlage hindurchgehenden Bolzen mit grossen Unannehmlichkeiten bei Unterhaltung der Gleise verknüpft war. In der That hat sie, ausser an den Stossverbindungen, niemals umfassende Verwendung gefunden.

Die Holzdü-
belverbin-
dung.

Zuerst bei dem ältesten Gleise der London-Birmingham Bahn finden wir eine Zusammenfügung von Stuhl und Schwelle angewandt, die, als die rationellste von allen, dann sowohl bei Steinwürfel als Schwellenbahn ausgebreiteten Gebrauch gefunden hat. Die Nagelöffnungen in den Stühlen dieser Bahn sind bis auf 2 Zoll Durchmesser erweitert, und Löcher von circa $\frac{1}{8}$ Zoll weniger Durchmesser sind in die darunter liegenden Schwellen gebohrt. Man schlug nun Holzdübel, von sehr gut getrocknetem Holze, welche die Oeffnung im Stuhl fast genau füllten, durch Stuhl und Schwelle hindurch und trieb dann oben in die Dübel hinein noch einen Eisennagel von kleinem Durchmesser, der aber den Holzdübel mächtig ausdehnte und in Eisen und Holz ungemein fest einpresste. Quoll nun der Dübel durch die Feuchtigkeit noch etwas an, so wurde die Verbindung unlöslich fest und gewährte die grossen Vorthelle, dass sich alle Organe mit grossen Flächen berührten, das Ganze der Konstruktion eine gewisse Elasticität besass und Eisen sich nicht auf Eisen abnutzend rieb.

Später, als man die Holzdübel aus mit hydraulischen Pressen komprimirtem Holze herstellte, das beim Quellen sehr expandirte, liess man auch noch den Eisennagel in der Mitte des Dübels weg und gewann dadurch den grossen Vortheil, jeden schadhaft gewordenen Stuhl sofort mit der Säge von der Schwelle losschneiden zu können, während

die unverletzten Dübel, offene Hirnseite der Luft darbietend, sich ausgezeichnet konservirten.

Auch diese schon 1836 angewandte Zusammenfügemethode von Stuhl und Schwelle oder Würfel hat bis jetzt keine Verbesserung erfahren und ist noch immer unzweifelhaft die vorzüglichste und verbreitetste von Allen. In der That lässt sie auch für den Zusammenhalt des Gleises in horizontaler und vertikaler Richtung kaum Etwas zu wünschen übrig. Zu keinem so günstigen Abschlusse ist die Konstruktion der Verbindung der breitbasigen Schiene mit ihrer Unterlage gekommen. Es ist das Erreichen dieses Zweckes auch mit wesentlich grössere Schwierigkeiten durch die Form dieser Schiene verknüpft, so lange man nicht stuhlähnliche Elemente zwischen sie und die Schwelle oder den Würfel einschalten will.

Schon bei dem allerersten mit breitbasigen Schienen ausgeführten Gleise sehen wir diese mit Hakennägeln auf ihre Langschwellen befestigt, die in Konstruktion und Dimension denen fast genau gleichen, die wir heut zu Tage verwenden. Dieselben sind von quadratischem Querschnitt, haben statt der jetzt gebräuchlichen, am Kopfe angestauchten Ohren, einen Nacken für den Angriff des ausziehenden Brecheisens. Jedoch fehlt die meiselförmige Schneide, die wir jetzt allgemein den Schienennägeln geben, den vor dem Jahre 1836 angewandten allenthalben. Es ist das Verdienst eines deutschen Technikers, des Oberbaurath Mohn zu Hannover, damals Ingenieur der Leipzig-Dresdner Bahn, den Nägeln zuerst diese Schneidenform gegeben zu haben, die sie die Holzfasern der Schwelle nicht auseinander drängen, sondern durchschneiden lässt.

Die meiselförmige Nagelspitze.

Das Aufspalten der Schwellen beim Nageln wurde dadurch fast gänzlich abgestellt.

Es war indess den amerikanischen Ingenieuren schon bei der frühesten Anwendung von breitbasigen Schienen eines Profils, dessen Höhe grösser war als die Breite des Fusses, nicht entgangen, dass die Schienen, besonders in

Verbreiteter
Schienenfuss

Kurven von kleinem Radius, wenn dieselben nicht mit einer ganz ihrer Schrägstellung entsprechenden Geschwindigkeit befahren wurden, ein bemerkbares Bestreben zeigten, über die Aussenkante ihres Fusses umzukanten. Ja es wurden Unfälle beobachtet, die man aus solchem Umkanten mit vieler Wahrscheinlichkeit erklärte. Deshalb finden wir auf einigen amerikanischen, besonders der oben schon erwähnten Pontchartrain Bahn, Schienen angewandt, deren Fuss nach der Innenseite des Gleises hin wesentlich breiter gewalzt ist und ziemlich dicht stehende runde Löcher enthält, durch welche lange parallele runde Nägel mit flachen Köpfen geschlagen wurden. Die Konstruktion hat ihrer offenbaren Mängel wegen keine Verbreitung gefunden, ist aber ein bedeutsames Zeichen, wie früh eine Hauptschwäche des Zusammenhalts von Gleisen mit breitbasigen Schienen erkannt worden ist.

Das Umkanten der breitbasigen Schienen hat sich weit öfter durch die schädlichen Erscheinungen, mit denen es verknüpft ist, kundgegeben, als es seiner Natur nach dabei erkannt worden ist. Wenn sich Vorkommnisse zeigten, die auf Gleiserweiterungen hindeuteten, glaubte man meist, es sei eine momentane Verschiebung der Schiene auf ihrer Unterlage erfolgt, die dann, vermöge der Elasticität des Holzes, der Schwelle und des Eisens der Schiene wieder verschwunden sei, ohne viel Spuren zurückzulassen.

Die
Zwischen-
Unterlags-
platte.

So irrig diese Meinung in Bezug auf die meisten Fälle dieser Art auch war, so führte sie doch zu Ende der fünfziger Jahre, (wie wir glauben in Deutschland zuerst auf sächsischen Bahnen) zu grosser Ausbreitung einer Maassnahme, die nicht ohne Erfolg für die Vermehrung des Zusammenhalts der Gleise mit breitbasigen Schienen war. Sie bestand in der Einfügung jener Blechplatten mit angewalztem Rande, auch auf Zwischenschwellen der Gleise, die, wie pag. 42 mitgetheilt, 1838 schon eine amerikanische Bahn zu gleichem Zwecke angewandt hatte.

Der, nach der Abnahme des Radius der Kurven zu berechnenden Drängung der Fuhrwerke gemäss, wandte man 2, 3, ja bis 7 solcher Platten auf die Schienenlänge an.

In Bezug auf die Verhinderung der Gesamtverschiebung der Schienen auf den Unterlagen, erlangte man hierdurch weiter nichts, als dass man den seitlichen Halt, der innerhalb der Schienen eingeschlagenen Nägel, zu mehr oder minderem Theile der Widerstandsfähigkeit der äusseren Nägel hinzufügte. Weit grösser war der Gewinn an Widerstandskraft gegen das Umkanten der Schienen, die dadurch erzielt wurde.

Nichts begünstigt die Tendenz zum Umkanten der breitbasigen Schiene so bedeutend, als die grössere oder geringere Weichheit des Holzes der Schwellen.

Je nachdem die Aussenkante des Fusses der Schiene, unter den Einflüssen seitlicher Pressionen gegen den Kopf derselben, nach Maassgabe des Verhältnisses der Höhe der Schiene zur Breite ihres Fusses, mehr oder minder die Tendenz hat, sich in das Holz einzudrücken, um so drastischer tritt dieser Einfluss hervor.

Bei den neuesten hohen Schienenprofilen steigt die Pressung, mit der die Aussenkante des Schienenfusses sich in das Holz der Schwellen einzudrücken strebt, auf das beinahe vierfache der Einwirkungen, die der Schienenkopf durch Centrifugalkraft, Schleudern der Fuhrwerke etc. in horizontaler Richtung empfängt.

Solchen Pressungen widersteht auf die Dauer keine Holzfaser und es bildet sich unter dem Fusse der Schiene eine Art „konvexer Fläche“, auf der die Schiene nach der Seite hin fast frei beweglich spielend, sich, selbst unter dem Einflusse sehr mässiger seitlicher Pressungen gegen ihren Kopf, leicht zur Seite neigen kann.

Das Uebelste dabei ist, dass diese „konvexe Fläche“, wie wir die Erscheinung oben uneigentlich nannten, dem Auge eben so wenig sichtbar ist, als die momentane Neigung der Schiene beim Befahren, denn das Holz unter dem

Schienenfusse zeigt sich nämlich in den allermeisten Fällen nicht wirklich pallig gekrümmt, sondern sein Gefüge ist nur unter der Aussenkante des Schienenfusses durch den Einfluss unzähliger starker Pressungen so viel weicher und unwiderstandsfähiger, als in der Mitte unter dem Halse der Schiene geworden, dass es für den Aufrechthalt der Schiene fast nichts mehr leistet, während es äusserlich noch in ganz gutem Zustande sich befindet.

Wir kommen auf den Nachweis dieser wenig beobachteten, und doch so wichtigen Erscheinungen weiter unten zurück.

Tritt nun zu dieser Ermattung des Holzgefüges noch ein Beginn von Fäulniss, so wird die Tragkraft der Basis, auf der die Schiene ruht, oft so abgemindert, dass sie sich eine neue bei jedesmaligem Befahren durch Einpressen in das Holz schaffen muss, die sich freilich dann nach der Form der Einwirkung, welche die Schiene gerade erleidet, gestaltet und somit dem Umkanten oder wenigstens zur Seite-Neigen derselben, oft so gut wie gar keinen Widerstand mehr entgegensetzt.

Durch Einbringung der erwähnten Platten zwischen Schienenfuss und Unterlage, wird nun diesen Einwirkungen des Schienenfusses auf die Schwellen eine ganz andere Form gegeben, ja man kann sie in dieser Beziehung als eine Verbreiterung des Schienenfusses selbst ansehen.

Unzweifelhaft dürften dieselben daher geeignet sein, dem breitbasigen Schienengleise einen Theil der Haupttugend des Stuhlgleises zu gewinnen, die in Stabilität gegen das Umkanten der Schienen besteht, und somit durch ausgedehntere Anwendung dieser Platten die Füglichkeit geboten sein, die grossen Vortheile noch mehr auszubeuten, die in der Anwendung hochgestreckter Schienenprofile liegen, ohne dabei den Zwang aufzulegen, den Schienenfuss, in einer für die Fabrikation unbequemen Weise, breiter machen zu müssen.

So wurde hier, wie so oft in der Technik, die Erreichung eines wünschenswerthen Zieles durch Mittel angebahnt, die eine in ganz anderer Richtung gehende Tendenz hatten.

Weitaus am Meisten im Stiche gelassen von der Theorie, Widerstände am Wenigsten geleitet durch die experimentative Forschung, der Gleise im Boden. am ausgedehntesten beeinflusst von jenen dunkeln und unsicher intellektuellen Kräften, die wir oben mit dem Namen „technisches Gefühl“ bezeichneten, hat sich derjenige Theil der Gleiskonstruktion entwickelt, dessen Zusammenhalt auf dem Widerstande des Bodens, auf und in dem die Organe des Gleises liegen, gegen horizontale und vertikale Pressungen beruht.

Schon die ältesten bekannten Spurbahnen, die nicht bloß mehr aus Bohlenstrecken bestanden, welche man an schlimmen Wegstellen in den Grund legte, finden wir auf eine Bettung, d. h. auf eine mehr oder weniger dicke Schicht Die Bettung. von aus kleinen Stücken bestehenden Mineralien gelagert. Die bei jenen kurzen, in morastige Wegstellen gelegten, Bohlenbahnen gemachten Erfahrungen, hatten darauf geführt, dass die Holzbohlen derselben sich, unerachtet beträchtlicher Breite, in den Grund drückten, so lange die Oberfläche desselben, auf der die Bohlen ruhten, aus Bodengattungen bestand, die sich unter starkem Drucke, schlüpfrig am Holz der Schwellen hingleitend, zur Seite quetschten und zwischen den Bohlen emporquollen, sobald sie durch atmosphärische Niederschläge erweicht wurden.

Im Gegensatze hierzu fand man, dass eine sehr mässige Breite der Bohlenbahn ausreichte, um ihr Einsinken in den Grund zu verhindern, wenn die obere Schicht dieses Grundes aus Stoffen bestand, die unter allen Witterungsverhältnissen eine starke Reibung gegen das Holz der Bohlen und daher unter keinem Drucke ein Bestreben zeigten, sich unter denselben seitlich hervorzudrücken. Es ergab sich ferner, dass eine solche Schicht nicht dick zu sein brauchte, um eine verhältnissmässig ungemein grosse Sicherheit der Lagerung der Bohlen herbeizuführen.

Die Bettung
aus scharf-
kantigen
Mineralien.

Als zweckmässigste Stoffe zur Herstellung einer derartigen Schicht wurden solche Mineralien gefunden, die sich mit scharfen Kanten und Ecken in dem Holze der Spurbahn gleichsam festhielten.

Schlacken-
bettungen
der ältesten
Spurbahnen.

Die Bettungen der ältesten Holzspurbahnen, die meist von Kohlengruben, an denen grosse Dampfmaschinen seit Jahren schon thätig waren, nach der Küste führten, finden wir daher fast allenthalben aus den Schlacken- und Aschenhalden hergestellt, die sich in der Nähe dieser Dampfmaschine angesammelt hatten.

Diese Bettungen bestanden aus zwei parallelen Gräben von 2 Fuss Breite und 8—10 Zoll Tiefe, die mit den genannten Material ausgefüllt wurden. Man rammte diese Füllung eben ab und legte die Spur unmittelbar darauf. Die Querverbindungen der Spurböhlen erhielten keine Bettung, und das Ganze wurde bis zur Oberkante der Spurböhlen mit festgerammtem Kiese, oder Steinknack mit Sand gemischt, aufgefüllt, um den Pferden eine angemessene Gangbahn zu bereiten.

Man erlangte dabei nebensächlich, indem man diese Bettungen seitlich durch Sickerkanäle trocken legte, den Vortheil, dem Holze eine Lagerung in durchlässigen, die Fäulniss möglichst wenig begünstigendem Materiale zu verschaffen.

Sehr bald zeigte sich auch, ausser den erwähnten Vortheilen der Bettung aus scharfkantigem Materiale, noch eine dritte gute Eigenschaft derselben, die für alle Zeit in Bezug auf den Zusammenhalt der Gleise sehr wichtig geblieben ist. Sie erhielt nämlich nicht allein die Bahn in vertikaler Richtung, sondern verhinderte auch, durch die ausserordentlich starke Reibung zwischen ihrer Oberfläche und der Unterfläche der Böhlen, die seitliche Verschiebung derselben um so wirksamer, als die Energie dieser Thätigkeit genau proportional der Last wuchs, die sich auf der Bahn bewegte.

Die ältesten amerikanischen Bahnen scheinen im Anfange fast sämtlich ohne Bettung ausgeführt worden zu sein, wenigstens ist in dem Original-Geschäfts-Berichte einer der ersten unter denselben, der 1835 eröffneten Boston-Providence Bahn, vom Jahre 1839, ausdrücklich erwähnt, dass man das, bis zum Jahre 1837 verfolgte System, die Hölzer der Bahn blos in den natürlichen Grund zu betten, aufgegeben und die Langschwellen auf ein Kies- und Schotterbett gelegt habe, weil die Gleise „vom Boden nicht gehörig unterstützt wurden und fortwährend sich schlangenförmig krümmten“.

Aelteste amerikanische Bahnen ohne Bettung ausgeführt.

Als im Jahre 1797 auf der Lawson Grubenbahn bei Newcastle der Ingenieur Barns zuerst Steinwürfel von 16 — 20 Zoll ins Quadrat gross und 8 Zoll dick, zur Unterstützung der Schienen statt der Hölzer verwendete, war von einer Bettung für diese Würfel keine Rede. Man hielt die Fläche derselben einestheils für genügend, um, auch auf blossen Grunde gelagert, allen Pressungen zu widerstehen, anderntheils erschien es unwahrscheinlich, dass sich der Boden unter einem tief gelagerten Steinwürfel verdrücken sollte.

Aelteste Würfelbahnen ohne Bettung.

Als aber einseitige Senkungen der Würfel Spurveränderungen und sonstige gefährliche Verdrückungen des Gleises herbeiführten, konstruirte Georg Stephenson den Oberbau der Liverpool und Manchester Eisenbahn mit Würfeln, die auf einer Art trockner Mauer von grobem Knack gebettet waren.

Mauerförmige Bettung der Liverpool Manchester Bahn.

Der grosse Ingenieur stellte die Theorie auf, dass, wenn die Würfel einer Bahn so kräftig auf ihre Unterlage gerammt würden, dass die Pressungen, die sie hierbei erlitten, diejenigen überstiegen, welche sie später beim Betriebe zu erfahren hätten, die Würfel durch die Einflüsse des Betriebs unverrückbar sein müssten.

Festgerammte Würfel Stephenson's.

Er liess daher, mit besonders dazu konstruirten Wipp-rammen von beträchtlicher Kraft, die Steinwürfel auf der erwähnten 2 Fuss breiten, 1½ Fuss dicken, trocknen Mauer

in das erforderliche Niveau niederrammen, die Schienen sorgsam darauf verlegen, die Würfel verfüllen und den Obergrund wieder abrammen. Dieses, von ihm für unwandelbar gehaltene Gleis, entsprach doch sehr wenig seinen Erwartungen.

Die Gleisverdrückungen durch ungleiches Sinken und Umkanten der Blöcke traten auch hier ein.

Georg Stephenson's
Bettung für
Schwellen-
oberbau.

Hingegen ist die erste von Georg Stephenson für die Lagerung von Querschwellen angewandte Bettungskonstruktion wohl von keiner späteren an Zweckmässigkeit übertroffen worden. Er liess die Planie der Bahn bis 18 Zoll unter der Schwellensole aus undurchlässigem Material mit einer Neigung nach beiden Seiten des Bahnkörpers schütten und die Oberfläche sorgsam eben abrammen und abwalzen, dem Verfahren analog, welches sein berühmter Zunftgenosse Telford bei Herstellung des Körpers der Landstrassen anwandte. Auf die ganze Oberfläche dieses Körpers wurde nun, ebenfalls wie bei den Strassen, ein Packlager aus groben Steinen gesetzt, beiderseitig bis ungefähr einen Fuss von der Dammkante; hierauf brachte man eine Schicht scharfen Knack und Steinschlag, den man, um den darauf verlegten Schwellen eine vollkommene Lagerung zu geben, mit feinem Kies und Sand mischte und ebenfalls abrammte und abwalzte. Die Verfüllung der Schwellen geschah mit einer Mischung von Kies und Lehm, um eine bessere Oberflächenabwässerung erzielen zu können. Dies erwies sich später als ein Fehler, den er selbst verbesserte, indem er den ganzen Theil des Bahnkörpers, der das Gleis selbst trägt und die Schwellen umgiebt, aus durchlässigem Materiale herstellte, so dass die Schwellen selbst fortwährend thunlichst trocken gehalten wurden. Für die Oberflächenabwässerung wurde durch zweckmässige Krümmung der Oberfläche der Verfüllung in der Länge der Bahn gesorgt, wobei die Konstruktion des Oberbaues mit Stühlen günstig war, die es gestattete, auf die Schwellen genügendes Material zur Herstellung ent-

sprechender Abwässerungsoberflächen zu bringen und, ohne die Schwellen blozulegen, alle 2 — 3 Schienenlängen ein Tagegerinne anzubringen, welches das Wasser, unter der Schiene hin, nach den Bahngräben abführte.

Diese Bettungskonstruktion ist, als die zweckmässigste, trotz ihrer Kostspieligkeit in England und Frankreich in allgemeinen Gebrauch gekommen.

In Deutschland gelangte man erst neuerlich zu deren allgemeinen Anwendung, nachdem die Einflüsse überwunden waren, welche die, in Bezug auf die Oberbau-Anordnung mit der Vignoles-Schiene von Amerika herübergekommenen Ideen, auf die Maassnahmen der ersten Eisenbahn-Erbauer geübt hatten. Amerikani-
sche Ein-
flüsse auf die
Konstruktion
der frühesten
deutschen
Bettungen.

Die ökonomisch bauenden Amerikaner sparten nämlich in ihren Dammschüttungen eine Art von Gräben aus, breit und tief genug, um gerade eine mässig starke Umgebung der Schwelle aufzunehmen, während der übrige Theil des Dammes, bis zur vollen Höhe, aus dem wohlfeileren Schüttungs-Materiale desselben aufgeführt wurde. In den Einschnitten wurden nur solche Gräben für die Aufnahme des Gleises ausgehoben. Ja einzelne Bahnen betteten jede Schwelle, jeden Würfel für sich, wie z. B. die Philadelphia-Reading Bahn. Amerikani-
sches Bet-
tungssystem.

Dieses System hatte den sehr grossen Nachtheil, dass die Abwässerung der Sohle der Bettung nur unvollkommen durch in den Bahnkörper eingelegte Röhren und Sickerkanäle erfolgen konnte, die, bald verschlämmt, das Wasser im Bettungsgraben wie in einem Troge festhielten, wodurch theils der Bettungsgrund sehr erweicht, theils aber auch im Winter die gefährlichen Eishebungen etc. verursacht wurden.

Innerhalb des Systems verwandten sie aber, wenigstens auf den frequenteren Linien, grosse Sorgfalt auf die Herstellung der Bettung.

Die älteste Mohawk-Hudson Bahn hatte unter ihren Würfeln und Langschwellen ein Knackbett von 2 Fuss 3 Zoll

Dicke und 2 Fuss Breite; die New-York-Enic Bahn ein über die ganze Breite des Gleises gehendes Bett von $2\frac{1}{2}$ Fuss Dicke. Die Oberfläche der ganzen Bahn war mit einem Packlager von grossen Steinen zugesetzt. Bei der Boston-Lowell Bahn ruhten die Langschwellen auf fortlaufender, im Grunde versenkter, trockner Mauer von 3 Fuss Höhe und 2 Fuss Dicke; wo sie mit Querschwellen ausgeführt war, hatte diese Bahn 2 Fuss dicke Bettung von starkem Knack, die an den Dammböschungen sich in trockene Mauern verwandelte; gewiss die jemals kostbarste ausgeführte Bettung. Die Bettung der Philadelphia-Columbia Bahn bestand aus mit Knack gefüllten Gräben für die Würfel, die da, wo Querschwellen die Spur an den Stössen hielten, auch durch Quergräben verbunden waren. Die Camden-Amboy Eisenbahn umgab die in Kies gebetteten Würfel noch mit Packlagern von Knack.

Jedoch begnügten sich die weniger frequenten Bahnen fast durchgängig mit Bettungsgräben von 2 Fuss Breite und 18 Zoll Tiefe, die, mit Knack einfach gefüllt, sich unter den Langschwellen und Würfeln hinzogen, ohne Rücksicht auf die Querverbindungen.

Erste Bettungsform auf deutschen Bahnen.

Die wenigst empfehlenswerthe von allen diesen Bettungsformen wurden nach Deutschland bei dem Bau der ersten grossen Dampfbahn mit Schwellenoberbau, der Leipzig-Dresdner, durch den, wie oben erwähnt, früher in Amerika beschäftigt gewesen Ingenieur Köhler übergeführt, der einen Theil des Baues dieser Bahn leitete. Man schüttete hier, wie bereits oben bei Erwähnung der amerikanischen Bettung beschrieben, theils den Bahnkörper bis zur Höhe, in welcher die Oberfläche der Schwellen zu liegen kommen sollte, vollständig auf und hob aus demselben dann ein, in der Tiefe verschiedenes, jedoch selten über 10 — 14 Zoll unter die Unterkante der Schwellen gehendes Bett aus, mit flachem und horizontalem Boden, dem man in der Längsrichtung nur die etwaige Neigung der Bahnlinie selbst gab; oder man sparte diese

grabenartige Vertiefung gleich bei Herstellung des Bahnkörpers aus. Dieselbe erhielt solche Breite, dass die Schwellen den Boden, aus dem der Bahnkörper hergestellt war, nicht erreichten. Aus diesem Bettungsgraben führten in kleinern oder grössern Distanzen mit Steinschlag ausgefüllte, enge Kanäle, sogenannte Sickerkanäle, nach den Wasserabzugsgräben der Bahn. Dieser Bettungsgraben wurde mit Steinknack oder grob geschlagenem Kies, ja hie und da sogar, sehr ungenügender Weise, blos mit natürlichem, aus runden Geschieben bestehenden Kiese gefüllt.

Zuweilen brachte man auch, in gänzlichem Missverstehen der Funktionen des Bettungsmaterials, noch eine Schicht feinen rundlichen Kiesel oder gar Sandes auf diesen Knack. Die Verfüllung zwischen den Schwellen geschah, auf gut konstruirten Bahnen, mit scharf geschlagenem Knack in kleineren Stücken, den man zum Nachhülfeunterstopfen der Schwellen benutzte, auf andern, in unrichtiger Oekonomie, mit rundem Kiese.

Für die Abwässerung der Gleise zu Tage konnte bei den Gleisen, die mit flachbasigen Schienen ausgeführt waren, vermöge dieser Konstruktion, nicht ganz Genügendes geschehen.

Dies „Nichtgenügende“ reducirte sich auf „Nichts“ auf den Bahnen, wo man, in wahrhaft unverzeihlicher Unkenntniss der einschlagenden Einwirkungen, die Ueberfüllung der Schwellen mit Bodenmaterial wegliess und dadurch den Ruin der Schwellen und das Ausrosten der Nagellöcher in denselben, sowohl durch die fortwährenden Einflüsse des Wechsels von Nässe und Trockenheit, des Frosts, Sonnenscheins und der parasitischen Vegetation, als auch dadurch beschleunigte, dass man sich die Füglichkeit völlig nahm, der Erdoberfläche des Bahnkörpers solche Krümmungen zu geben, dass der Abzug eines Theils der atmosphärischen Niederschläge zu Tage hätte bewirkt werden können.

Auf Bahnen, zu denen der Verfasser in naher Beziehung steht, ist durch Acceptirung einer solchen Bettungs-
v. Weber, Eisenbahngleise.

konstruktion seit vielen Jahren ein schwer in Zahlen auszudrückender, aber unzweifelhaft sehr grosser pekuniärer Schaden entstanden.

Irrthümer in Bezug auf die Wirksamkeit des Banketts.

Es gehört ferner zu jenen Anomalien im Verlauf der Entwicklung der Kenntniss vom Zusammenhalt der Gleise aus der Praxis, dass man fast zwei Decennien hindurch den sogenannten „Banketts“, d. h. den Theilen von undurchlässigem Materiale des Bahnkörpers, die beim Ausheben oder Aussparen der Bettung an den Seiten der Gleise hin stehen bleiben, einen wesentlichen Einfluss auf die Erhaltung der Richtung der Gleise zuschrieb, während die leichteste Erörterung von der völligen Wirkungslosigkeit dieser Erdhaufen für jenen Zweck hätte Ueberzeugung gewähren können. Das dichtere Material dieser Banketts verleitete das oft erwähnte, sogenannte „technische Gefühl“, das schon so häufig die Schuld an langdauerndem technischen Aberglauben getragen hat, zu dieser Annahme und so entstand ein Irrthum, dessen pekuniäre Folge für die deutschen Bahnen sich ebenfalls nur nach Millionen beziffern lässt.

Aelteste Würfellbahnen ohne Spurverbindung.

Eine ungemein auffallende Erscheinung ist es, dass, während man bei der Holzbahn und der Eisenspurbahn, die auf Holz ruhte, die Erhaltung des Parallelismus der Langschwellen, sorgsam, und von den ältesten Zeiten an, durch Verbindung derselben mit starken Querriegeln sicherte, nirgends eine Spur davon zu finden ist, dass man solche Maassnahmen bei den ältesten Steinwürfelbahnen für erforderlich gehalten hätte. Weder der Steinwürfel-Oberbau der mit Dampf betriebenen Eisenbahn aus der Zeit vor Eröffnung der Liverpool und Manchester Bahn, noch der dieser Bahn selbst ist mit Vorkehrungen für Erhaltung der Spur versehen und allenthalben finden wir nur strenge Vorschriften dafür gegeben, die Schienen beim Verlegen recht genau über die Mitte der Würfel zu führen und diese vorher kräftig in ihrer Lage abzurammen, damit nicht die Gleisweite (Spur) durch ungleiches Setzen der Würfel verändert werde.

Hier schliesst sich wieder einer jener mehrerwähnten Kreisläufe im Bereiche der Anschauungen in der Eisenbahntechnik ab, denn gerade die allernuesten Erfahrungen mit Steinwürfelbahnen, die besonders in Bayern in so grossen Erfahrungskreisen gemacht worden sind, deuten darauf hin, dass jene ersten Meinungen im Betreff der Erhaltung der Spur bei diesen Bahnen korrekt waren und, wenigstens wenn die Gleise älter geworden sind, Vorkehrungen zur Fixirung der Spur sich gar nicht, oder doch nur in Kurven und unter Ausnahmeverhältnissen erforderlich machen.

Nichts desto weniger musste die instinktiv von den frühesten Konstrukteuren gefundene Wahrheit, nach dem gewöhnlichen Gange der Erscheinungen im Bereiche der Eisenbahntechnik, erst durch eine grosse Reihe von Maassnahmen, die auf Abwendung meistentheils eingebildeter Gefahren gerichtet waren, erst schmerzlich wieder geboren und mit Schweiss getauft werden.

Die älteste Steinwürfelbahn, bei welcher Mittel zur Erhaltung der Spur angewandt wurden, scheint die 1835 eröffnete Mohawk-Hudson Bahn im Staate New-York gewesen zu sein. Die Schienen dieser Bahn sind auf schmale hohe Langschwellen genagelte Flachschiene. Die Langschwellen ruhen auf Würfeln, zwischen gusseisernen, auf diese aufgedübelten Knieen und alle 15 Fuss ist eine hölzerne Querrange zwischen die Langschwellen geblattet, die von aussen mit Holzkeilen festgeschlagen ist.

Erste Spurverbindungen der Steinwürfelbahn.

Die ersten Maassnahmen gleicher Tendenz bei einer Würfelbahn mit Hochschienen in Gussstählen finden wir an den ältesten Gleisen der im Jahre 1836 zuerst befahrenen Philadelphia-Columbia Eisenbahn, deren Oberbaukonstruktion eine durchgehende Schwelle von Eichenholz an jedem Stosse der 15 Fuss langen Schienen vorschreibt. Dagegen zeigt die im selben Jahre dem Verkehr übergebene Williamsport-Elmina Eisenbahn vollständige Holzbahngerüste mit Quer- und Langschwellen, auf welchen letzteren Flachschiene liegen, auf Würfeln ruhend.

Druckflächen
der Oberbau-
konstruktion
gegen den
Boden.

Eine ungemeine Unreife in der thatsächlichen Begründung weist auch, während des ganzen Verlaufs der Entwicklung der Ideen vom Zusammenhalte des Eisenbahnoberbaues, die Meinung von der Druckfläche aus, die den Organen des Gleises zu geben ist, um dasselbe vor dem Einsinken in den Grund unter der Einwirkung der Last zu schützen.

Aber gerade diese Mangelhaftigkeit der Anschauung hat, wie so oft, höchst bedeutsame Hülfe für die Gewinnung der hieraus abzuleitenden Endresultate geleistet.

Der älteste Oberbau der Liverpool und Manchester Eisenbahn, den man für genügend zum Tragen des Betriebes hielt, wurde, wie erwähnt, mit Steinwürfeln von 2 Fuss ins Quadrat hergestellt, die in 3 Fuss Entfernung von einander lagen. Der älteste Schwellenoberbau derselben Bahnen enthielt Schwellen von 6 Zoll Dicke, 8 Zoll Breite und 8 Fuss Länge, ebenfalls von Mitte zu Mitte 3 Fuss entfernt gelegt.

Auf 10 Fuss Gleislänge stützten sich daher diese Oberbau-Konstruktionen mit 26,4 beziehentlich 17,5 □ Fuss gegen den Boden.

Die ersten Lokomotiven, welche sich auf diesem Oberbau bewegten, wogen die „Rocket“ $3\frac{1}{4}$, die „Sans Pareil“ $4\frac{3}{4}$ Tons. Im Jahre 1834 wagte man die Lokomotive „Atlas“ von $8\frac{1}{2}$ Tons Gewicht auf diesen Oberbau zu bringen. Diese Maschine hatte 8 Fuss Radstand und belastete daher den Oberbau in solcher Weise, dass jeder Quadratfuss Fläche, mit dem die Würfel oder Schwellen den Boden berührten, mit 8, beziehentlich 12 Centnern circa, durch das Maschinengewicht gedrückt wurden. Als das Maschinengewicht mit den Bedürfnissen des Eisenbahnbetriebes schnell wuchs, vermehrte man diese Druckfläche gegen den Boden verhältnissmässig nur sehr wenig und verstärkte nur die Tragfähigkeit des Schienenprofils, ohne dieselbe indess so weit zu steigern, dass sie im Stande gewesen wäre, die Betriebsbelastung auf eine wesentlich grössere Fläche zu vertheilen, als sie auf der Schiene bedeckt.

Die neuesten und stärksten Oberbaue drücken den Boden mit höchstens 30 □ Fuss auf 10 Fuss Schienenlänge und viele der neuesten Maschinen belasten diese Fläche mit über 30 Tons, so dass die Druckfläche des Oberbaues gegen den Boden seit den Anfängen des Eisenbahnwesens um kaum 15 Procent gestiegen ist, während das Gewicht der schwersten Betriebsmittel (der Lokomotiven) fast um 400 Procent grösser wurde und jetzt jeder Quadratfuss Schwellenfläche mit über 20 Centner den Boden drückt. Aber auch hiermit scheint man noch nicht die Grenze der mittlern Widerstandsfähigkeit des Bodens erreicht zu haben, wenn der Druck durch angemessen konstruirte Packlager und Bettungen auf denselben zweckmässig übertragen wird.

Geringe Vermehrung der Stützfläche d. Oberbaues gegen den Boden bei Vermehrung des Betriebsmittelgewichtes.

Dass im Mittel die Widerstandsfähigkeit des Bodens eine noch beträchtlich grössere ist, als die ihm selbst unsere schwersten Betriebsmittel zumuthen, geht ferner theils aus dem Umstande hervor, dass fast alle Bahnen, für fast alle Bodengattungen, die sie überschreiten, dieselbe Oberbau-Konstruktion beibehalten, die mithin auch für die wenigst widerstandsfähigen genügt, theils aber auch aus der Oberbau-Konstruktion, die in neuester Zeit ein genialer Techniker, Hartwich, entworfen und mit ausserordentlichem Glücke durchgeführt hat und die den Boden noch weit höher in Anspruch nimmt²¹⁾.

Nur in einem Falle ist, unseres Wissens, bei Konstruktion des Oberbaues von Bahnen ganz speciell auf die geringe Tragfähigkeit des Bodens Rücksicht genommen worden, über den sie hinführen. Es sind dies die älteren holländischen Bahnen, denen, im Hinblick hierauf, sogar eine breitere Spur und eine besonders abgezimmerte Holzunterlage gegeben war.

21) In Betreff der Widerstandsfähigkeit des Bodens gegen vertikalen Druck siehe Macadam's Aeusserung über das Grundprincip seines Strassenbausystems in „*Personal Recollections of English Engineers*“, London 1868, pag. 98.

Seitlicher
Widerstand
der Gleise im
Boden.

In die seitliche Widerstandsfähigkeit der Gleise wurde, wie schon oben erwähnt, mit Recht *a priori* kein Zweifel gesetzt, obwohl man dieselbe, irriger Weise, mehr der Halbkraft der Konstruktionsorgane, als der eigentlichen Ursache zu gut rechnete.

In der That war bis in die neueste Zeit, wo die Konstruktionsformen der Maschinen und Wagen und die Verhältnisse, unter denen der Betrieb geführt werden muss, beträchtliche seitliche Pressungen auf die Gleise herbeiführten, keine Einwirkung beim Befahren der Eisenbahngleise vorhanden, welche dieselben hätte veranlassen können, seitlich aus der Richtung zu weichen.

Die Ueberhöhung des äusseren Schienenstrangs in Kurven, das wirksamste aller Mittel die Gleise in Krümmungen in ihrer Richtung zu halten, ist durchaus nicht, wie man meinen sollte, theoretisch gefunden und der Praxis empfohlen worden, sondern entwickelte sich aus der Nothwendigkeit mit Zunahme der Geschwindigkeit des Befahrens der Gleise.

Die Gleise der Bahnen vor der Epoche der Liverpool-Manchester-Lokomotiv-Experimente, auf denen die Fahrgeschwindigkeit sich nicht über $1 - 1\frac{1}{2}$ Meile erhob, lagen horizontal und der Ingenieur Dewrance der Liverpool und Manchester Bahn hat dem Verfasser seiner Zeit lebendig geschildert, wie der heftige Anprall der Maschinen und Wagen bei den ersten schnellen Fahrten auf dieser Bahn die Techniker veranlasst habe, diesen Anprall „abzuwehren“, indem sie das Gleis schräger und schräger legten. Man ging dann rasch in das Extrem und gab den Rädern einen Konus von $\frac{1}{7}$, um sie der starken Neigung der Gleise gemäss zu konstruiren.

Noch 1843 gab es indess Eisenbahn-Techniker von Distinktion in England, welche die Neigung der Gleise zur Kompensation des Centrifugaldruckes für „Humbug“ erklärten.

Wir finden in den frühesten Zeiten des Eisenbahnwesens nirgends Vorkehrungen angewandt, um die Richtung der Gleise von aussen zu stützen, wohl aber geben schon die ältesten Vorschriften für Herstellung des Würfeloberbaues die Regel, dass die Würfel „diagonal“ gelegt werden sollten, um so „dem Erdboden eine grössere Fläche seitlichen Widerstandes zu bieten“ und das Umkanten zu erschweren.

Vorschlag-
pfähle etc.

Wir glauben nicht zu irren, wenn wir annehmen, dass beim Baue der Leipzig-Dresdner Eisenbahn, in den Jahren 1836—1839, zuerst dergleichen Vorkehrungen in Gestalt von Pfählen in Gebrauch gekommen sind, die man vor die Köpfe der Schwellen schlug, um deren seitliche Verschiebung zu verhindern. Zunächst geschah dies in Kurven von kleinem Radius, deren Schienen man nicht nach diesem Halbmesser bleibend bog, sondern nur durch die Lage der Schwellen in die gehörige Richtung zwang. Da nun offenbar die Elasticität der Schienen dieselben wieder gerade zu richten strebt, und diesem Bestreben, welches die Erschütterungen des Fahrens unterstützten, sich Nichts entgegenstellt, als die Reibung der Schwellen im Erdboden, so sah man sich zu der Maassnahme der Anwendung dieser Pfähle veranlasst. Für diesen Zweck leisteten dieselben gute Dienste, aber es war ein Irrthum des genialen Erbauers dieser Bahn, dass er einigen, 4 Zoll ins Quadrat starken, 3—4 Fuss langen Pfählchen genug seitliche Widerstandsfähigkeit zutraute, um die Gleise, auch unter den gewaltigen Einwirkungen des Betriebes, in der Richtung halten zu können. Dieselben kamen indess in Sachsen in ausgedehnten, ja sogar luxuriösen Gebrauch, so dass der Ersatz dieser schnell faulenden Pfählchen, die nicht allein in Kurven, sondern sogar hie und da auch in geraden Linien vor die Schwellen geschlagen wurden, sich jährlich auf Tausende von Thalern belief. Erst in allerneuester Zeit hat das, auf diese nutzlosen Herstellungen gesetzte Vertrauen, etwas dadurch abgenommen, dass man auf grossen Strecken und an allen Punkten der Bahnen die

Mehrzahl der Pfähle ganz ausser Berührung mit den Schwellen fand.

In Gegenden, die reich an gut spaltenden Steinen sind, ersetzte man diese „Vorschlagpfähle“ durch Stein-
stollen von circa 8 — 10 Zoll ins Quadrat Stärke und 2 — 2½ Fuss Länge, die man vor den Schwellenköpfen ein-
grub und dort festrammte.

Biegen der
Schienen.

Erst im Anfange der vierziger Jahre begann man auf das wirklich permanent bleibende, vor dem Verlegen der Schienen zu bewirkende, Biegen der Schienen für die Kurven, Werth in Bezug auf den Halt der Lagerung der Gleise zu legen. Die ersten Apparate zum Biegen von Schienen nach beliebigem Radius in Gestalt von krummen Bohlen, über die mittels Hebeln die Schienen gedrückt wurden, bis sie die korrekte Krümmung hatten, sind vom Ober-Ingenieur der Berlin-Anhaltschen Bahn, Rosenbaum, 1841 angewandt worden. Jetzt ist die Bedeutsamkeit dieses Elements der sicheren Gleislagerung allgemein anerkannt und die permanente Biegung der Schienen findet allenthalben Anwendung.

Alle diejenigen Störungen sind dadurch beseitigt worden, die aus den Spannungen entstanden, welche das Bestreben der krumm gehaltenen Schienen sich gerade zu richten, in den Gleislagen erzeugte.

Wirksamkeit
d. Versamm-
lung deut-
scher Tech-
niker zu
München
1868.

Es scheint uns, als könnte dieser kurze Abriss von der Entwicklung der Erkenntniss jener wesentlichen Momente, welche den Zusammenhalt der Gleise bedingen, aus den Erfahrungen der grossen Praxis, kaum einen besseren Abschluss, als durch Mittheilung einer Arbeit finden, die als aus der Gesammterfahrung der deutschen Eisenbahn-Technik auf officiellern Wege hervorgegangen, auf die meisten wesentlichen jener Momente Lichter wirft, deren Bedeutung nicht zu unterschätzen ist.

Es ist dies das Referat, welches der Versammlung der Techniker deutscher Eisenbahnverwaltungen zu München, über die von 46 deutschen Eisenbahn-Administrationen erfolgte

Beantwortung der denselben von der techn. Kommission des Vereins deutscher Eisenbahnen vorgelegten Fragen: „Welche Mittel sind am meisten zu empfehlen, um das seitliche Verschieben der Schienengleise in den Kurven der freien Bahn zu verhindern und von welchem Radius an ist eventuell das zu diesem Zwecke vielfach angewandte Legen der Schienen in Verband zu empfehlen?“ durch den Verfasser erstattet worden ist.

Dieses Referat lautet folgendermaassen:

(Nur die bis zum 1. d. M. eingegangenen Beantwortungen konnten bei diesem Referate benutzt werden.)

„Die Frage ist von den beantwortenden Verwaltungen, deren im Ganzen 46 sind, in verschiedener Beziehung aufgefasst worden.

„Einige davon verstehen unter „Verschiebung des Gleises“ nur die Verrückung des ganzen Gestänges im Boden; Andere nur die der Schienen auf den Schwellen; die Meisten aber sowohl die Verrückung des Gleises im Boden, als die der Schienen auf den Schwellen.

„Demgemäss sind auch die Vorschläge beschaffen, die sie zur Beseitigung des Uebels, oder um demselben vorzubeugen, gethan haben.

„In Nachstehendem lassen wir die Vorschläge daher in drei Kategorien zerfallen:

- A. Solche, welche die Verhinderung des Verdrückens des ganzen Gleisgestänges im Boden zum Zweck haben;
- B. Solche, welche Mittel, die Verdrückung der Schienen auf den Schwellen zu verhüten, angeben;
- C. Solche, welche die Erreichung beider Zwecke anstreben.

ad A.

„1) Herstellung breiter und solider Banketts aus durchlässigem, aber der Verschiebung gut widerstehenden Materiale, besonders auf der Konvexseite der Kurven,

halten die Altona-Kieler, die Berlin-Magdeburger, die Niederländische Staatsbahn und die Oesterr. Südbahn für erspriesslich. Letztere schlägt die Ausführung des Banketts aus Steinsatz vor.

„2) Das Legen der Schienen im Verband in den Kurven haben theils in der Praxis zweckentsprechend befunden, theils empfehlen sie es aus allgemeinen Gründen: die Altona-Kieler, Bebra-Hanauer, Braunschweigsche, Hannoversche, Leipzig-Dresdner, Oldenburger, Warschau-Wiener (7) Verwaltung mit mehr oder weniger Bestimmtheit und zum Theil unter gewissen Vorbehalten, die meist die Verwendung des Verbandes auf Kurven mit kleinem Radius zu beschränken rathen.

„Hingegen sprechen sich die Breslau-Schweidnitzer, Lübeck-Büchener, Mecklenburgsche, Oppeln-Tarnowitzer, Saarbrücker, Sächs. Oestliche, Sächs. Westliche, Thüringsche (8) Verwaltung dieser Maassnahme zuwider aus, oder stellen wenigstens deren Zweckmässigkeit in Abrede. Als hauptsächlichste Motiv ist dabei fast allgemein aufgeführt, dass bei dieser Lage des Oberbaues die Fuhrwerke sehr leicht einen unruhigen Gang annähmen, ohne dass durch die Maassnahme der beabsichtigte Zweck genügend erreicht würde. Besonders energisch betonen die Thüringsche und die Saarbrücker Bahn die nachtheiligen Eigenschaften des Verbandoberbaues. Die Hannoversche Bahn hält ihn auch für unzweckmässig in grössern Kurven, die schnell durchfahren werden.

„Aus der Gesammtheit der Beantwortungen geht dem Referenten die Ueberzeugung bei, dass die Gründe gegen die Anwendung des Verbandoberbaues beträchtlich überwiegen.

„3) Vorschlagpfähle. Ueber die Wirkung von an den Seiten der Schwellen in verschiedener Anzahl in den Grund gerammter Pfähle, beziehentlich vorgesetzter Steine, äussern sich die Verwaltungen von Baden, Berlin-Anhalt, Berlin-Hamburg, Berlin-Stettin, Breslau-Schweidnitz,

Köln-Minden, Leipzig-Dresden, Lübeck-Büchen, Oppeln-Tarnowitz, Preuss. Ost-, Saarbrücker, Sächs. Westliche, Sächs. Oestliche, Reichenberg-Pardubitzer Bahn (14) mehr oder weniger vortheilhaft. Die Meisten schlagen vor, die Pfähle nur auf der Aussenseite starker Kurven anzubringen. Mehrere Verwaltungen darunter theilen mit, dass sie die Pfähle zwar anwendeten, aber grosse Wirksamkeit von ihnen nicht erfahren hätten. Die Zahl der für nöthig gehaltenen Pfähle wechselt von 2—8 pro Schienenlänge.

„Im Allgemeinen geht aus den Aeusserungen hervor, dass die Wirksamkeit der Pfähle durchaus nicht konstatirt ist, dass sie nur unter besondern Verhältnissen Dienste geleistet haben und die Nützlichkeit der Maassnahme nicht immer mit deren Kosten in Proportion steht, jedenfalls aber an Werth ganz nach Maassgabe der Erhaltung der richtigen Neigung der Kurven abnimmt.

„4) Trockene Bettung aus scharfem, kantigem Materiale, auf dem die Schwellen mit vieler Reibung aufliegen, und Verfüllung der Gleise, theils bis zum Schienenfuss, theils bis zum Schienenkopfe, die das Gestänge belastet und stützt und die Abwässerung begünstigt, empfehlen: Bayerische Staatsbahn, Berlin-Magdeburger, Braunschweigsche, Friedrich-Franz, Hannoversche, Oldenburgsche, Preussische Ost-, Schleswigsche, Thüringsche, Westphälische, Württembergsche, Reichenberg-Pardubitzer Bahn (12) Verwaltung.

„Die Aeusserungen über die ungemein grosse Nützlichkeit dieser Maassnahme sind so übereinstimmend, dass der Referent nur seine individuelle Meinung dahin beizufügen hat, dass er sie für die zweckentsprechendste aller Maassnahmen dieses Zweckes, besonders auch nach den umfassenden, demnächst zu veröffentlichenden Erörterungen hält, die er, in dieser Richtung gehend, angestellt hat.

„5) Verbindung der Schienen beider Gleise unter einander schlägt die Theissbahn vor, eine Maass-

nahme, die unter Verhältnissen nützlich ist und wohl an vielen Stellen schon Anwendung gefunden hat.

B.

„6) Nägel von grösserem als gewöhnlichem Querschnitte hat die Kiel-Altonaer Bahn gewiss mit gutem Grunde zweckentsprechend gefunden. Die beträchtlichere Widerstandsfähigkeit gegen seitliche Verdrückung im Holze der Schwellen liegt auf der Hand.

„7) Vermehrung der Nägel, je nach Maassgabe des Radius der Kurven, haben theils angewandt, theils empfohlen: die Magdeburg-Leipziger, Halle-Kasseler, Magdeburg-Halberstädter, Tilsit-Insterburger, Württembergsche, Oesterr. Südbahn, Reichenberg-Pardubitzer (7) Verwaltung.

„Es versteht sich von selbst, dass diese Maassnahme, im Verhältniss der Vermehrung der Nägel, den Zusammenhalt der Stränge vergrössern müsse, doch hat sie rascheres Verderben der ohnehin in Kurven besonders angestregten Schwellen zur Folge.

„8) Vermehrung der Unterlagsplatten zwischen Schwellen und Schienen werden angewandt oder empfohlen von der Bayer. Ostbahn, Bayer. Staatsbahn, Berlin-Anhalter, Breslau-Freiburger, Hannoverschen, Köln-Mindener, Halle-Kasseler, Magdeburg-Halberstädter, Saarbrücker, Tilsit-Insterburger, Westphälischen, Aussig-Teplitzer, Galiz. Karl-Ludwigs-, Oesterr. Süd-, Reichenberg-Pardubitzer, Lemberg-Czernowitzer Bahn (16) Verwaltung. Die Anzahl der zur Einschaltung empfohlenen Platten variirt, je nach der Ansicht der Techniker und dem Radius der Kurven, von einer pro Schienenlänge bis zu einer pro Schwelle.

„Die Wirksamkeit dieser Platten in Bezug auf den Zweck der Spurerhaltung beruht hauptsächlich darauf, dass sie theils die Basis vermehren, mit der die Schiene die Schwelle drückt, daher die Fügigkeit des Umkantens der erstern vermindern, theils aber auch die innern und äussern

Nägel, in ihrem Widerstande gegen seitliche Verschiebung der Schienen, von einander solidarisch machen. Die Maassnahme ist eine sehr verbreitete, zweckentsprechende, und hat nur den Nachtheil, die Fahrt auf Strecken, auf denen viele solche Platten angewendet sind, rasselnd und hart zu machen.

„9) Verwendung eichener, bez. lärchener Schwellen haben praktisch gefunden: Bayersche Staatsbahn, Main-Neckar, Pardubitz - Reichenberger Bahn (3) Verwaltung.

„Bei dem bei Weitem grössern Widerstande, den genannte Hölzer im Verhältniss zu Kiefern- und Tannenholz der seitlichen Verdrückung der Nägel entgegenstellen, ist die Nützlichkeit der nicht genug zu empfehlenden Maassnahme einleuchtend.

„10) Durchziehen von Bolzen durch die beiden Schienenstränge eines Gleises ist für enge Kurven empfohlen durch die Bayersche Ostbahn. Die unzweifelhaft wirksame, aber, ihrer Kostspieligkeit halber, nur in beschränktem Maasse anzuwendende Maassnahme, ist auf sehr vielen Bahnen mit Kurven von kleinem Radius in Gebrauch.

„11) Eichene, auf die Schwellen befestigte Knaggen wendet die Altona-Kieler Bahn mit Vortheil zur Stützung des konvexen Schienenstrangs ihrer Kurven mit kleinem Radius an. Dieselben haben die Höhe der Schienen und sind in die Schwelle eingeblattet. Die Spurerweiterungen haben an den Stellen, wo sie angebracht sind, aufgehört.

C.

„12) Angemessene Erhöhung des Schienenstrangs auf der konvexen Seite des Gleises und gute Unterhaltung dieser Ueberhöhung empfehlen die Badische, Bayersche, Berlin - Magdeburger, Berlin-Stettiner, Friedrich-Franz, Köln-Mindner, Main-Weser, Niederschlesisch - Märkische, Preussische Ost-, Tilsit-Insterburger, Westphälische, Württembergische, Kaiser

Ferdinand-Nord-Bahn (13) Verwaltung, und zwar sämmtlich und mit Recht unter dem Eindrücke voller Ueberzeugung davon, dass dies Mittel das wirksamste von allen sei, der Verschiebung der Gleise im Ganzen und der Verdrückung der Schienen auf den Schwellen gleichzeitig vorzubeugen.

„Die Gesamtheit der Aeusserungen geht im Allgemeinen dahin, dass, bei eingleisigen Bahnen, auf Steigungen die Ueberhöhung der grössten Geschwindigkeit angemessen zu nehmen sei, mit dem die betreffenden Kurven zu Berg oder zu Thal befahren werden; bei doppelgleisigen Bahnen müsse dieselbe der Geschwindigkeit der Berg- und Thal-fahrt gemäss auf den betreffenden Gleisen angeordnet werden.

„Die Ueberhöhung habe ferner schon in der geraden Linie in der Weise zu beginnen, dass die Fuhrwerke gleich mit der genügenden Neigung in die Kurven einträten.

„Dass die, theoretisch der Centrifugalkraft das Gleichgewicht haltende Ueberhöhung, in der Praxis bei Weitem nicht ausreichend sei, ist allgemeine Ansicht. Die Verwaltung der Main-Weserbahn hat werthvolle Versuche zu Ermittlung der in der Praxis genügenden Maasse dieser Ueberhöhung angestellt, indem sie dieselbe so lange vermehrt hat, als die mit Kreide bestrichenen Innenseiten der Schienen des äussern Schienenstrangs noch ein Anlaufen der Räder beim Durchfahren mit Maximalgeschwindigkeiten zeigten.

„Diese Verwaltung ist dabei auf nachstehende, allerdings sehr starken Ueberhöhungen gekommen, die sich jedoch, auf jener Linie seit vielen Jahren angewandt, allenthalben bewährt haben.

„Die Ueberhöhungen betragen für Kurven von

5000 Fuss Radius	0,10 Fuss,
4000 „ „	0,20 „
3000 „ „	0,30 „
2500 „ „	0,35 „
2000 „ „	0,40 „
1500 „ „	0,45 „
1000 „ „	0,50 „

und berechnen sich nach der Formel

$$\frac{6000 - R}{10000}$$

wobei davon ausgegangen ist, dass Kurven von über 6000' Radius geraden Linien gleich zu achten sind.

„Die königl. preussische Ostbahn giebt für die Ueberhöhung folgende Maasse:

über 800°	=	9600 Fuss	Radius	0	Zoll
800°	=	9600	„	„	$\frac{1}{2}$ „
600°	=	7200	„	„	$\frac{2}{3}$ „
400°	=	4800	„	„	1 „
300°	=	3600	„	„	$1\frac{1}{2}$ „
200°	=	2400	„	„	2 „

die allerdings um die Hälfte (circa) kleiner, als die auf der Main-Weser-Bahn angewandten sind.

„Diese grossen Verschiedenheiten, die sich auf sehr vielen Bahnen wiederholen, zeigen, dass der Gegenstand noch sorgsamer Beobachtungen zu seiner Beleuchtung bedarf, immerhin aber scheint es räthlich, die Ueberhöhung der Schienen eher etwas zu gross, als zu klein zu nehmen, da ein Andrängen der Räder an den innern Strang weder so zerstörend für das Gleis, noch so gefährlich für die Fahrt ist, als das an den äussern.

„13) Die Anlage der Kurven mit einer, der Parabel genäherten Krümmung, so dass die Fuhrwerke aus der graden Linie sanft in die Krümmung übergeführt werden, hängt mit der Maassnahme unter Nr. 12 eng zusammen und wird von der Main-Weser, Tilsit-Insterburger, Preuss. Ost-, Oesterr. Süd-Bahn (4) Verwaltung empfohlen, *in Bayern angewendet.*

„Es gewährt dies die Füglichkeit, die Ueberhöhung, genau dem Radius gemäss, von der graden Linie aus nach den Kurven hin zunehmen zu lassen und vertheilt das Ablenkungsmoment der Fuhrwerke auf längere Strecken im Gleise. Die Maassnahme gehört zu den empfehlenswerthesten.

nützt jedoch die innere Schiene übermässig ab u. legt sie gerne um.

„14) Das Biegen der Schienen vor deren Verlegung in die vorgeschriebene Krümmung wird von der Altona - Kieler, Friedrich - Franz, Hannoverschen, Köln-Mindner, Niederschl.-Märk., Oldenburger, Preuss. Ost-, Sächs. Oestl., Württembergischen und Badischen Bahn (10) Verwaltung empfohlen. *auch in Bayern üblich*.

„Unzweifelhaft ist dies eins der wirksamsten Mittel, die Horizontalprojektion der Kurven korrekt zu erhalten und somit jenem ausserordentlich starken Drängen der Fuhrwerke auf seitliche Verschiebung der Gleise vorzubeugen, das in Kurven von unstäter Krümmung stattfindet.“

Vergebliche
Bestrebungen bei
Entwicklung
der Oberbau-
konstruktion

Betrachtet man das auf den vorstehenden Blättern dargelegte Gesamtbild der Entwicklung des Eisenbahn-Oberbaues und der Kenntniss von den mechanischen und statischen Funktionen der Organe und des ganzen Zusammenhalts desselben, vollkommen objektiv und mit tieferem Eingehen, so tritt uns aus dem Ganzen ein, durch mehr als ein Menschenalter andauerndes, ängstliches und befangenes, sich oft in Kreisen bewegendes, auf Beseitigtes und Verworfenes zurückkommendes, Neues mit Hast ergreifendes und noch schneller wieder bei Seite werfendes Streben und Ringen entgegen, Organe und Materiale, aus denen sich ein für die Anfänge des Eisenbahnwesens und seine damaligen Zwecke und Leistungen, für die damaligen Fuhrwerke und Verkehrsmassen und Geschwindigkeiten vollkommen entsprechender Weg herstellen liess, in solcher Weise zu entwickeln und umzugestalten, dass damit dem unglaublich schnellen Steigen der Ansprüche an das grosse Werkzeug der Neuzeit Schritt gehalten werden könne. Der Anblick dieses Ringens und Strebens ist aber peinlich, weil er zeigt, dass man dabei übersah, wie wenig geeignet jene Organe für die Erreichung dieses Zweckes, im wie weitaus zu geringem Maasse sie der Entwicklung im Verhältniss zu jenen, fähig waren, welche die mechanische

Durchbildung, Kraft, Reife und Gewicht der Betriebsmittel zeigt.

Er wird es aber in noch erhöhtem Maasse, wenn man dabei gewahrt, wie durch diesen rast- und fast fruchtlosen Kreislauf der Ideen, der Schritt ungehörlich weit hinausgeschoben wurde, durch den die Konstruktion des Schienenwegs wieder der der Betriebsmittel ebenbürtig werden, sich den Zeitansprüchen gewachsen und andauernder mit diesen Schritt haltender Entwicklung fähig zeigen konnte.

Es ist dies der Schritt zur Herstellung des Oberbaues aus Materialien und Elementen, die eine willkürliche Gestaltung in Maass und Anordnung nach rationellen, mechanischen und statischen Grundsätzen, mit einem Worte, die Anordnung des Oberbaues der Eisenbahn im einzig korrekten Sinne: dem eines kontinuierlichen, doppelten eisernen Trägers gestatten, dessen Dimensionen stets der Inanspruchnahme durch den Verkehr entsprechen und der, ohne Vermittelung wandelbarer Elemente aus organischen Stoffen, direkt auf dem Erdreich ruht, welches das Ganze trägt und der in sich, durch eben so sicher den Veränderungen seiner Form in Bezug auf Spurweite, Biegung, Verschiebung etc. widerstehende mechanische Organe vereinigt ist, wie jeder Brückenträger, jede Drehscheibe, jede Schiebebühne etc.

Grundidee
des fortbild-
baren Ober-
baues.

Aber der Schritt zum Geltendwerden dieser Idee, die sich so offen, gleichsam so naiv, dem unbefangenen Betrachter bietet, dass spätere Zeiten darüber lächeln werden, welchen Anlauf zu ihm die Technik unserer Tage nehmen musste, war über das Trägheitsmoment des Hergebrachten und das Vorurtheil sehr hoher Herstellungskosten hinweg zu thun, zwei Hindernisse, die wohl geeignet sind, wenigstens in der alten Welt, auch den Muthigsten zurückzuschrecken.

Wie aber der Geist der Zeit immer Wege findet, die sehr häufig zwar Umwege sind, aber stets sicher zum Ziele führen, um das seinem Zwecke Nöthige zu erreichen, so musste auch im Entwicklungsgange der Konstruktion des Eisenbahn-Oberbaues ein, im Verhältniss zur Bedeutung der Gesamtheit, fast nebensächliches Moment als so bedeutungsvoll sich aufdrängen, dass es die erforderliche Wendung der Ideen ganz unabweislich heraufführte.

Es war dies die, durch kein Mittel in ganz genügender Weise aufzuhaltende Verderbniss der Eisenbahnschwellen.

Diese, nicht die Ueberzeugung von der Nothwendigkeit einer dem Entwicklungsstadium der Betriebsmittel und des Verkehrs ebenbürtigen, in allen Elementen fortbildungsfähigen Konstruktion des Weges, hat endlich dem ganz eisernen Oberbau die Thür zur allgemeinen Einführung geöffnet und somit die Kunst der Oberbau-Konstruktion in das Stadium geführt, in welchem ihrer, der Wissenschaft würdigen, der jederzeitigen Praxis entsprechenden Fortbildung ein Hinderniss nicht mehr entgegen steht.

Direktor
Buresch's
Referat.

Der dermalige Standpunkt der Angelegenheit lässt sich nicht klarer und knapper, nicht besser aus der grossen Praxis hergeleitet darstellen, als dies einer der ausgezeichnetsten und aufgeklärtesten deutschen Eisenbahn-Techniker, der Grossherzoglich Oldenburgische Eisenbahn-Baudirektor Buresch, in dem Referate gethan hat, welches er der Techniker-Versammlung zu München 1868 über die Beantwortungen erstattet hat, die von denjenigen deutschen Eisenbahn-Verwaltungen, welche Erfahrungen über das Verhalten von eisernem Oberbau gesammelt hatten, auf die Frage: „Welche Versuche sind im letzten Jahre mit dem ganz eisernen Oberbau ohne Holzschwellen und Steinwürfel gemacht?“ gegeben worden sind.

Wir lassen dieses Referat, damit den ersten Abschnitt dieser Schrift, der von der Entwicklung der Kenntniss von

dem Zusammenhalte der Gleise in der Praxis handelt, abschliessend, hier in ganzer Ausdehnung folgen.

„Der rasche Verderb des seit der Entwicklung des modernen Eisenbahnwesens zur Unterstützung der Bahnschienen ziemlich allgemein angewendeten Holzes führte in Gegenden, wo dasselbe theuer oder dem Vergang besonders rasch unterworfen ist (England, Frankreich, Ostindien, Aegypten) zu den ersten Versuchen: den Bahnoberbau ausschliesslich von Eisen herzustellen. Dieselben waren lediglich darauf gerichtet, unter Beibehaltung des bisherigen Schienensystemes die Holzunterlagen durch eiserne Konstruktionstheile zu ersetzen. Die letzteren in Form von Schienstühlen mit verbreiteter Sohlenplatte, von Hohlkörpern (*Kalotten*), von unterbrochenen Langschwellen, von Querschwellen etc. mannichfach ausgebildet, waren wohl ausnahmslos von Gusseisen.

„Die Mehrzahl dieser Konstruktionen ist über das Versuchsstadium kaum hinausgekommen, während eine derselben, z. B. die sogenannten Kalotten, nach dem System von Greave, in Aegypten und Ostindien sehr ausgedehnte Anwendung gefunden haben. Leider sind indess die Nachrichten, welche selbst die ausländische Literatur über diesen Gegenstand bringt, zu spärlich, um auf dieselben ein zutreffendes Urtheil über die Erfolge dieses Systemes begründen zu können. Thatsache ist, dass das System noch heute in Anwendung gebracht wird. — Bei den unleugbaren Vortheilen, welche das Gusseisen für den fraglichen Zweck bietet, und bei der geringen Sorgfalt und Ausdauer, welche man der Ausbildung der Oberbausysteme mit Gusseisenunterlagen, in Europa wenigstens, gewidmet hat, ist es wohl mehr den veränderten Anforderungen und der Vorliebe zuzuschreiben, welche die neueste Zeit dem Schmiedeeisen zuwendet, als der erwiesenen Unbrauchbarkeit des Kalotten-Systems, dass dasselbe in unserm Welttheile ganz in Vergessenheit gerathen ist.

„Die vorerwähnten beiden Umstände führten zur Erfindung der „Barlow-Schienen“, welche, das derzeit fast ausschliesslich in Anwendung stehende Princip der getrennten Stützpunkte verlassend, und dem älteren Principe der fortlaufenden Längenunterstützung sich wieder anschliessend, für fast alle zeither aufgetauchten Konstruktions-Systeme die leitende Idee gegeben hat.

„Der bedeutende, in seiner jetzigen Ausdehnung nie geahnte Verschleiss der Bahnschienen, fügte der Aufgabe des ganz eisernen Oberbaues das weitere wesentliche Moment hinzu:

„Die bei eintretender Beschädigung des Schienenkopfes zu verwerfende Eisenmasse auf das möglichst geringe Gewicht zurück zu führen.

„Neben dieser Forderung war das Bestreben:

zugleich eine möglichst vollständige Continuität des Gestänges zu schaffen,

maassgebend für die (an ältere amerikanische Vorbilder: Winslow, Latrobe, vielleicht auch an die Ideen unserer Landsleute Breithaupt [Bückeburg] und Busse [Leipzig] u. s. w. sich anlehnenden) zeither aufgestellten Systeme des ganz eisernen Oberbaues mit mehrtheiliger Schiene.

„Die auf diesem Wege zu erreichenden Vorthelle hielt man für so bedeutend, dass die Barlow-Schiene, so gross ihre sonstigen Vorzüge, und so augenscheinlich und leicht abstellbar die bei den ersten Anwendungen derselben hervorgetretenen Mängel derselben auch waren, sofort bei Seite gelassen wurde, ohne dass zur weiteren Ausbildung des Systemes, so viel bekannt, auch nur ein Versuch gemacht wurde.

„Man gelangte so zu den von Braunschweig, Hannover, Württemberg, Nassau und der österreichischen Südbahn versuchsweise ausgeführten Systemen, von deren einigen jetzt dreiundeinhalbjährige Erfahrungen vorliegen.

„Bei diesen dreitheiligen Schienensystemen sind, nach den Mittheilungen der betreffenden Verwaltungen, die folgenden Mängel hervorgetreten, welche einer Abhülfe bedürfen:

- a. ungenügende Beweglichkeit in Rücksicht auf die Dilatation der einzelnen Konstruktionstheile;
- b. unzureichende Widerstandsfähigkeit einzelner Hauptstücke, namentlich der Fahr- oder Kopfschienen, sowohl gegen den Druck als auch gegen die walzende (streckende) Einwirkung der überrollenden Räder;
- c. ungenügende Tiefenlage der tragenden Fläche und ungenügendes Bettungsmaterial, vielleicht unzulängliche Grösse der tragenden Fläche.

„Die bisherigen Erfolge der dreitheiligen Systeme sind darnach im Ganzen als befriedigend kaum zu bezeichnen²²⁾.

„Die Resultate an der Nassauischen Staatsbahn — zweitheiliges System — scheinen nach den vorliegenden, allerdings nur kurzen Erfahrungen sich günstiger zu gestalten; auch liegt der Kostenpunkt nicht gerade ungünstig, doch bleibt die schwere Fahrschiene hier ebenso, wie bei den Systemen mit eisernen Querschwellen, immer ein nicht leicht zu beseitigendes Bedenken in wirthschaftlicher Beziehung.

„Ob die angeführten Mängel resp. Bedenken für die einzelnen Systeme, oder gar für das ganze Princip entscheidend auftreten werden, oder ob und in wie weit denselben abzuhelpen steht? — darüber wird anders als durch längere Erfahrungen, resp. durch weitere Versuche mit verbesserten Konstruktionen sich nicht entscheiden lassen, weshalb deren Fortsetzung angelegentlich empfohlen werden muss.

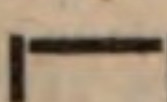
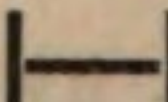
22) Dies Urtheil wurde nach in der Münchner Techniker-Versammlung (1868), besonders Seiten der Herren Konstrukteure von dreitheiligen Oberbausystemen mündlich vorgebrachten Bemerkungen von der Versammlung gemildert. D. Verf.

„Das Princip der zugleich als Langschwellen auftretenden zusammengesetzten Schienen hat ebenso wenig in Deutschland, als im Auslande ungetheilten Beifall gefunden.

„Die englischen Ingenieure wenden, so viel bekannt, da wo sie überhaupt ganz eisernen Oberbau aufführen (in den Tropen) fast ausschliesslich die gusseiserne Kalotte an.

„Die Franzosen und Belgier halten die vorbesprochenen zusammengesetzten Systeme für zu complicirt, um von denselben bei starkem Verkehr auf der Bahn einen günstigen Erfolg sich versprechen zu können.

„Dieselben sind deshalb auf das Princip des gewöhnlichen Querschwellen-Oberbaues zurückgegangen und haben, der Nothwendigkeit, im Falle eintretender Schadhaftheit der Schienen dieselben ganz verwerfen zu müssen, vorläufig sich fügend, einfach darauf sich beschränkt, die bisherigen Holzschwellen durch solche von Schmiedeeisen zu ersetzen, indem sie dabei besseres Material, als das bisherige, für die Schienen — vorwiegend Gussstahl — in Aussicht nehmen.

„Da dies Konstruktionsprincip die meisten und grössten der Schwierigkeiten, welche den zusammengesetzten Langschwellen-Systemen sich entgegenstellen, von vornherein vermeidet, so ist die Wahrscheinlichkeit des Gelingens eine viel grössere, der wirthschaftliche Erfolg anscheinend eigentlich nur von dem Kostenpunkte abhängig, indem die gegen genügende Tragfläche, zulängliche Widerstandsfähigkeit der  oder  Eisen, hinreichend tiefes Eingreifen in das Bahnbett etc. etwa zu erhebenden Bedenken, durch geringe Vergrösserung der Abmessungen sich leicht beseitigen lassen werden, auch die anscheinend bisher unzureichende Befestigung der Schienen auf den Eisenschwellen wahrscheinlich durch eine solidere sich ersetzen lassen wird.

„Es kann deshalb auch nur als erwünscht bezeichnet werden, dass das System Vautherin bei mehreren Bahnen versuchsweise in Ausführung kommt.

„Dasselbe dürfte auch hinsichtlich des bisher anscheinend nur auf der Niederländischen Staatsbahn und in Belgien zur Anwendung gekommenen Systems Couillet (|—| Eisen mit Holzeinlagen) zu empfehlen sein.

„Baldige Veröffentlichung der wirklichen Kosten der ausgeführten Probestrecken mit eisernen Querschwellen (etwa durch das „Organ“) muss als ein wesentliches Beförderungsmittel weiterer Versuche bezeichnet werden.

„Neben den besprochenen Bestrebungen geht in Deutschland fast seit dem Auftauchen der Frage des ganz eisernen Oberbaues die Ausbildung des bekannten Systems „Hartwich“ konsequent fort.

„Den von der abstrakten Theorie diesem System vorgeworfenen Mängeln:

a. dass beim Schadhafwerden der Schienen die ganze Eisenmasse verworfen werden muss und
b. dass die Tragfläche eine zu geringe sei,
lässt von der andern Seite sich entgegenstellen:

ad a. dass man dagegen durch Verwendung besseren Materials sich schützen könne,

ad b. dass bei genügend konsolidirtem Planum durch geeignetes Bettungsmaterial eine genügende Tragfähigkeit sich schaffen lasse, und ferner

c. dass die Einfachheit ein grosser, vielleicht entscheidender Vorthail des Systems ist.

„Ob und in wie weit die gegenseitigen Argumente zutreffen? wird anders als durch die Erfahrung nicht festgestellt werden können. Dass die Vorzüge die Nachtheile, bisher wenigstens, überwiegen, dürfte ohne Weiteres wohl aus der fortschreitenden Anwendung des Systems im Grossen abzunehmen sein.“

Zweite Abtheilung.

Entwicklung der Kenntniss vom Zusammenhalte und Widerstande der Gleise auf experimentativem Wege.

Das Experi-
ment.

Nachdem im vorhergehenden Abschnitte ein Ueberblick darüber gegeben worden ist, wie Kenntnisse vom Zusammenhalt der Gleise, auf positivem und negativem Wege, aus den Erscheinungen der grossen und allgemeinen Praxis im Laufe der Zeit gewonnen worden sind und wie sie dann in den Oberbau-Konstruktionen jeder Entwicklungsperiode ihre Anwendung und Verlebendigung fanden, kommen wir nun, hierauf fussend, zu dem eigentlichen Zwecke dieser Arbeit, die Vorführung einer Anzahl von experimentativen Ermittlungen, durch die eine Erweiterung der Kenntniss vom faktischen Sachverhalt des Zusammenhaltes und Widerstandes der Gleise in seinen verschiedenen Beziehungen angestrebt worden ist.

Göthe, dessen naturwissenschaftlicher Scharfblick zu immer grösserer Würdigung, auch in streng scientificischen Kreisen, gelangt, sagt in seiner präcisen, den Begriff immer durch den Ausdruck vollkommen deckenden Weise: „Das Experiment ist die direkteste willkürliche Vermittelung zwischen Objekt und Subjekt.“ Die

Anstellung des Versuchs wird daher überall zur Nothwendigkeit und Pflicht, wo es gilt, faktische Grundlagen für die Folgerungen der Wissenschaft willkürlich zu gewinnen und diejenige Wissenschaft, die alle Erscheinungen des Lebens im Grossen gleichsam zu praktisch und wissenschaftlich verwendbaren Experiment-Resultaten gestaltet, die Statistik, solche Basen noch nicht geliefert hat.

Die Kunst des Experimentirens ist am Studium des Zusammenhalts der Gleise sehr wenig geübt worden und die angestellten experimentativen Ermittlungen haben sich, wie schon oben erwähnt, fast überall nur auf die Widerstandsfähigkeit und sonstigen Eigenschaften einzelner Theile der Gleise erstreckt. Diese Ermittlungen haben daher nur indirekt zur Kenntniss der Stabilität der Gleise als solche beigetragen.

Wie schon im Eingange dieser Schrift bemerkt, handelt es sich aber bei Ermittlungen, die zum Zweck haben, Licht auf die Widerstandsfähigkeit des Gleises in seiner Gesamtheit, gegen die Einwirkungen des Betriebes, zu werfen, darum, Thatsachen über vier Hauptverhältnisse, zu sammeln, in vier Hauptrichtungen gehende Beobachtungen anzustellen und freien Geistes zu ordnen, zu sichten und die allgemeine Nutzanwendung daraus zu ziehen.

Diese vier Hauptverhältnisse aber sind:

- I. Die Stabilität der Schienen gegen horizontale und vertikale Pressungen.
- II. Stabilität der Schienenverbindungen Laschen etc. gegen vertikale und horizontale Pressungen.
- III. Stabilität des Gleises gegen Bestrebungen, die es in seiner Gesamtheit zu verschieben suchen.
- IV. Stabilität des Gleises gegen Verdrückungen der Schienen auf den Schwellen.

In Nachstehendem ist das Wichtigste zusammengestellt, was in dieser Beziehung geschehen ist und es sind daraus

Vier Haupt-
richtungen
der Beobach-
tungen.

mit vollständiger Objektivität, ohne alle Einmischung theoretischer Erörterungen, oder vorgefasster Meinungen, die Schlüsse gezogen worden, die sich kategorisch aus der Erwägung der Thatsachen ergeben.

I. Stabilität der Schiene.

Die Stabilität der Schienen häufig erörtert.

Die Stabilität der Schiene an sich spielt in Bezug auf den Zusammenhalt der Gleise nur eine verhältnissmässig untergeordnete Rolle und es soll daher an dieser Stelle auch nur der hauptsächlichsten Arbeiten und ganz im Allgemeinen Erwähnung geschehen, die auf Ermittlung derselben abzielten.

Von allen Elementen der Stabilität der Gleise ist die der Schiene weitaus am häufigsten (jedoch früher wohl niemals im Hinblick auf den Zusammenhalt der Gesamtheit des Gleises) Gegenstand der experimentativen Ermittlung gewesen, und die Anzahl der in dieser Richtung gehenden Erörterungen ist sehr gross, ja es giebt unter den denkenderen jener Eisenbahntechniker, die den Vortheil genossen, selbstständig Bahnlinien ausführen zu können, nur wenige, die sich nicht, Behufs der Wahl des Schienenprofils für die betreffende Bahn, mit Biegungs- und Bruchversuchen von Schienen beschäftigt hätten. Viele Eisenbahnverwaltungen haben selbst experimentative Erörterungen über die Eigenschaften der ihnen von den Fabrikanten zu liefernden Schienen als administrative Maassregel zu ihrer Sicherung angeordnet.

Komplikation der Untersuchungen.

Aber alle diese Erörterungen leiden an dem Uebelstande, dass sie sich nur auf die Prüfung der Widerstandsfähigkeit der Schiene gegen Druck von oben nach unten, von den Seiten und zuweilen auch von unten nach oben erstrecken, während die Einwirkungen, welche die Schienen in der Praxis auszuhalten haben, sowohl in Bezug auf die Richtungen, in der sie erfolgen und die Schienen in Anspruch nehmen, als auch ihrer Natur nach, die komplicir-

testen sind, die man denken kann. Zugleich sind die Kraftmaasse dieser Einwirkungen uns noch so gut wie unbekannt, die direkten Messungen derselben zeigen sich schwierig, ja gefährlich und theoretische Ermittlung aber muss uns, bei der Komplikation der Erscheinungen, in der Praxis völlig im Stiche lassen, ja kann sogar zu bedenklichen Täuschungen, gewiss aber nicht zu Resultaten führen, auf die sich vernünftiger Weise eine praktische Maassnahme basiren liesse.

In der That wird die Eisenbahnschiene bei dem Befahren mit Fuhrwerken, die horizontal, vertikal und transversal schwanken, mit verschiedenen Spielraum, verschiedenem Radkonus, verschiedenem Maasse der Steifigkeit des Gestelles sich im Gleise bewegen, mit den Spurkränzen mehr oder minder heftig an die Schienen anprallen, die sie vertikal belasten, während die Schiene selbst sich verschieden im Boden senkt, sich in die Schwellen drückt, auf denselben zu kanten strebt, verschieden auf denselben festgehalten, verschieden fest mit den Nachbarschienen gekuppelt ist, während eine Schwelle festliegt, die andere sich eindrückt — fast immer zugleich in Bezug auf ihren Widerstand gegen Torsion, gegen Bruch von oben nach unten und von unten nach oben, unter den verschiedensten Belastungs-, Stoss- und Druckverhältnissen in Anspruch genommen, deren Zusammen- und Einzelwirkung sich in keiner Weise übersehen, geschweige denn in Erwägung und Rechnung ziehen lässt.

Schon Stephenson erkannte dies vollständig, als er 1863, bei Gelegenheit der Erörterung über einen durch Schienenbruch verursachten grossen Unfall, im Parlamente erklärte: dass die theoretische und experimentative Feststellung eines allen Anforderungen gerecht werdenden Schienenprofils unmöglich und alle dahin gehenden Bestrebungen unfruchtbar sein müssten, da die Einwirkungen, denen die Schienen ausgesetzt sind, weitaus zu vielfältig und in ihrem Betrage zu unbekannt seien, um sie bei einer Konstruktion berücksichtigen zu können. Die grosse

Stephenson
über Schie-
nenkon-
struktion.

Praxis allein könne hierin zu einem erspriesslichen Ende führen.”

Dass der berühmte Ingenieur hierin Recht gehabt hat, beweist der Blick auf die circa 300 verschiedenen Schienenprofile, die auf europäischen Bahnen im Gebrauche sind und deren jedes von seinem Urheber für mit vorzüglicheren Eigenschaften als alle anderen ausgerüstet, angesehen wird.

Allgemeine
Schienen-
form unmög-
lich.

Wenn überhaupt von einer allgemeinen Schienenprofilkonstruktion gesprochen werden soll, so kann dies nur in Bezug auf die Schienen der Bahnen geschehen, deren Verkehr sie in Erwägung von Schnelligkeit und Masse, als Arterien des Völkerverkehrs bezeichnet. Bahnen sekundären Charakters werden natürlich stets lediglich ihren speciellen Bedürfnissen gemässe Schienenformen anzuwenden haben.

Es ist aber nicht zu leugnen, dass gewisse experimentative Ermittlungen von ganz besonderer Bedeutung, mit hervorragender wissenschaftlicher und praktischer Begabung angestellt, die Zeitfragen im Betreff der Konstruktion der Schiene präcis beantwortend, den Ideen in dieser Beziehung eine bestimmtere Richtung gegeben und die Majorität der Konstruktionen beeinflusst haben.

Peter Bar-
low's Ver-
suche.

Wir begegnen unter den Studien dieser Art zuerst denen, die Peter Barlow im Jahre 1835 im Auftrage der London-Birmingham Bahn angestellt hat¹⁾.

Die Ermittlungen Barlow's erstrecken sich in sorgsamer und umfassender Weise auf:

1. Die Pressionen, die auf Schienen durch sehr schnell darüber rollende Lasten ausgeübt werden.
2. Die vertikalen Biegungen, die bei gegebenen Distanzen der Stützpunkte und gewissen Schienenprofilen durch diese Gewichte erzeugt werden.
3. Die seitlichen Biegungen, welche Schienen beim Befahren mit schnell bewegten Lasten erleiden.

1) *First and Second Report to the Directors of the London and Birmingham Railway by Peter Barlow.* 25. März und 2. Okt. 1835.

4. Vergleichung der Eigenschaften der sogenannten Fischbauchschiene (*fish bellied rail*) und der Parallelschiene.
5. Bestimmung der Lage der neutralen Axe in verschiedenen Schienenprofilen.
6. Bestimmung der Biegungen, die verschiedene Schienenprofile durch ruhende Lasten erleiden.
7. Bestimmung der Querschnittsform des grössten Widerstandes bei gegebenen Flächen des Querschnitts.

Peter Barlow bediente sich zu Anstellung dieser denkwürdigen Versuche der Instrumente, welche er Deflektometer nannte und deren Zeichnung wir unter **Fig. 1** und **2** geben. Der Barlow'sche Deflektometer.

Die Platte *A B* des ersten Instruments, mit dem die Vertikaldurchbiegungen gemessen wurden, wurde unabhängig von den Schienen, befestigt, der Stift *E* unter den Punkt gebracht, dessen Biegung gemessen werden sollten und die am Stift *H G* leicht verschieblichen Hülse *i i* so gestellt, dass die untere den Ruhestand des Hebels *D E* bezeichnete. Allmälige oder auch stossweise Niederdrückungen des Punktes *E* registrierten sich dann ablesbar durch Emporschieben der zweiten Hülse *i*.

In ähnlicher Weise war das zweite Instrument, Fig. 3, zur Messung der seitlichen Ausbiegungen der Schienen konstruirt.

Hier wurden die Platten *m m* u. *m' m'* an einem von der Bewegung der Schiene unabhängigen Körper befestigt. Durch die auf den Platten *m m* angebrachten Träger schob sich der Stift *W*, dessen Ende *R* mit der Seite der Schiene in Berührung gebracht wurde. Der Winkelhebel *L* ruhte mit seinem kürzern in eine Nase auslaufenden Ende an dem Stifte *p*, dessen Stellung auf dem Stifte *W* durch die Schrauben in der Mitte des Letzteren so regulirt werden konnte, dass sich das leicht verschiebliche Klemmplättchen *g* auf den Nullpunkt der Skala stellen liess. Dies Klemmplättchen wurde, wie am ersten Instrumente (**Fig. 1 u. 2**) die Hülse *i*,

Fig. 1.

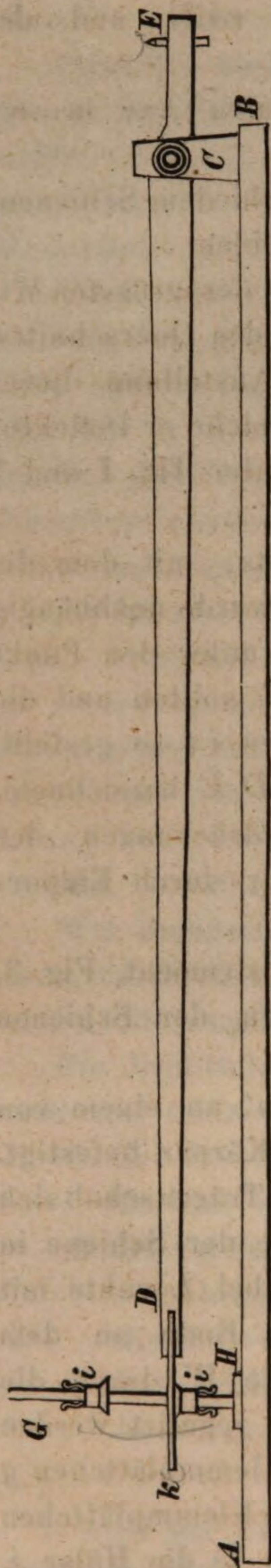
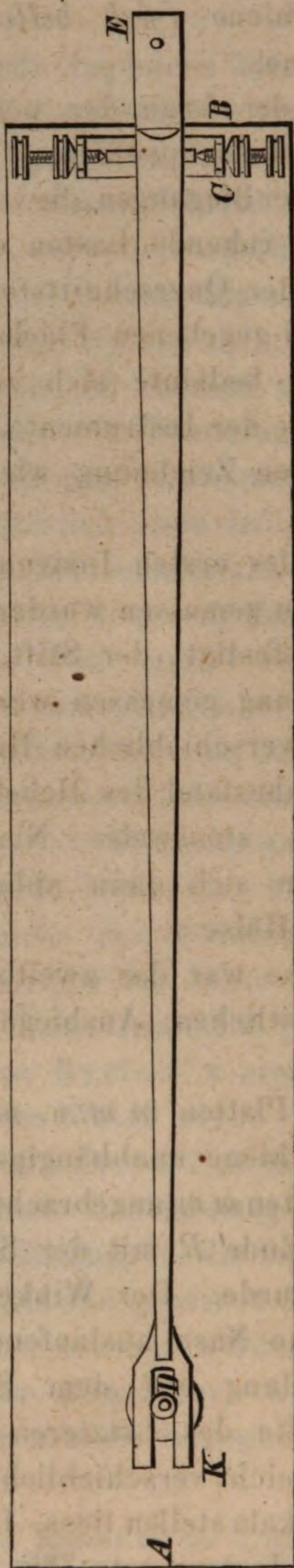


Fig. 2.



durch die Bewegungen des Hebels verschoben, die dadurch fixirt und ablesbar wurden. Wurden diese beiden Instrumente an einer Stelle einer Schiene angebracht und über dieselbe eine Last hinbewegt, so hatte man nach deren Passiren die seitliche und vertikale Verdrückung der Schiene durch die Last sichtbar gemacht.

So zweckmässig diese Instrumente auch für die Messung von Biegungen waren, welche durch Kraft-Einwirkungen hervorgebracht wurden, die nicht momentan erfolgten, so geben sie doch durchaus irrige Resultate bei Ermittlung des Betrages sehr schnell erfolgender Biegungen, da die Hebel verhältnissmässig lang und, eben so wie die Klemmhülsen, weitaus zu leichtbe-

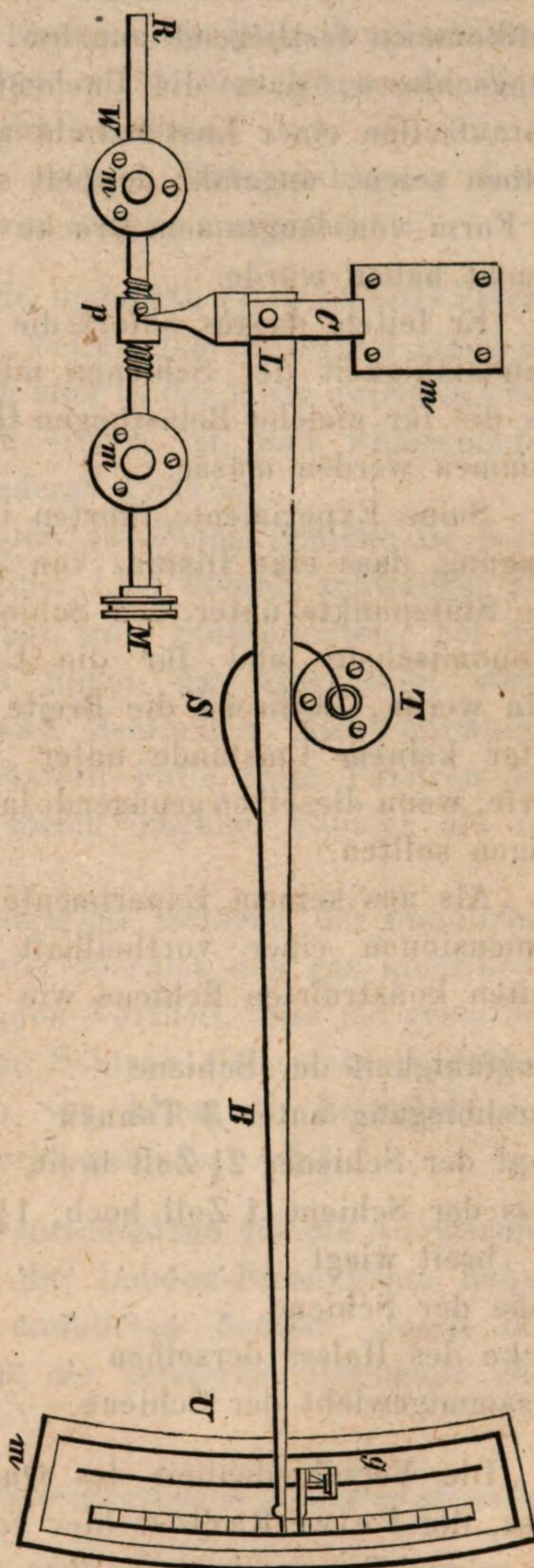
Irrige Registrierung des „Deflektometer“.

weglich waren, so dass die Beträge der Prellungen, welche der Hebel bei schnellen Biegungen erlitt, mit als Biegungsmaass zum Vorschein kamen.

Dies ist der Grund gewesen, warum Peter Barlow die Einwirkungen derselben Last auf die Schienen, die er für Stellen zwischen zwei Stützwellen bei Ruhe und Bewegung sehr richtig fast gleich gefunden hatte, in der Nähe der Stösse, bei einer Bewegung von circa 20 engl. Meilen per Stunde, $40\frac{9}{10}$ stärker fand als in Ruhe. Die Bewegung der Schiene erfolgte aber in der Nähe des Stosses, durch den Spielraum, den die Schiene im Stuhle hatte, beim schnellen Befahren stossweise und die Prellung des Hebels erschien mit als Senkung des Schienenpunktes.

P. Barlow's Instrument maass ferner die Eindrücke der

Fig. 3.



Steinwürfel, mit denen die Gleise, die er untersuchte, hergestellt waren, in den Boden mit; und da er dieselben für vollkommen festliegend annahm, kam er zu dem weiteren Trugschlusse, dass die Unebenheiten einer Schiene beim Daraufrollen einer Last Schuld an einer Durchbiegung derselben seien, ungefähr doppelt so gross als dieselbe Last, in Form von langsamem Drucke darauf wirkend, hervorgebracht haben würde.

Resultate der
Barlow'schen
Versuche.

Er leitete daraus sofort die Regel ab, dass die Widerstandsfähigkeit der Schienen mindestens doppelt so gross, als die für gleiche Belastungen theoretisch berechnete, genommen werden müsse.

Seine Experimente führten ihn übrigens zu der Ueberzeugung, dass eine Distanz von 3 Fuss von Mitte zu Mitte der Stützpunkte unter den Schienen im grossen Mittel die ökonomischste und für die Unterhaltung konvenabelste sein werde, während die Breite des Kopfes der Schienen unter keinem Umstande unter $2\frac{1}{4}$ Zoll engl. herabsinken dürfe, wenn dieselben genügende laterale Widerstandsfähigkeit zeigen sollten.

Barlow's
praktische
Schiene.

Als aus seinem Experimente hergeleitet, giebt er die Dimensionen einer vortheilhaft für diese Unterstützungsweiten konstruirten Schiene wie folgt an:

Tragfähigkeit der Schiene	7 Tonnen
Durchbiegung unter 3 Tonnen	0,024 Zoll
Kopf der Schiene, $2\frac{1}{4}$ Zoll breit, wiegt	22,5 Pfd. p. Yard
Fuss der Schiene 1 Zoll hoch, $1\frac{1}{4}$ Zoll	
breit wiegt	12,54 „ „ „
Höhe der Schiene	4,5 Zoll
Dicke des Halses derselben	0,62 Zoll
Gesammtgewicht der Schiene	51 Pfund p. Yard.

Die Verschiedenheit des Querschnitts von Kopf und Fuss, die Peter Barlow hier vorschreibt, war das Resultat seiner Untersuchungen über die Eigenschaften symmetrischer schmiedeeiserner Barren, die er 1833 im Arsenal

zu Woolwich angestellt hatte²⁾ und die ihn lehrten, dass die neutrale Axe derselben in 0,42 ihrer Höhe liege.

Im Uebrigen sind die Formen der Doppelkopfschienen durch spätere Konstrukteure nicht viel gegen die Vorschriften Barlow's modificirt worden.

Die Gesamtergebnisse seiner Untersuchungen fasst P. Barlow in folgenden drei Regeln zusammen³⁾:

1. Die parallele und die undulirte (*fish bellied*) Fischbauch-Schiene sind, bei gleicher Höhe und gleichem Querschnitte, gleich steif in der Mitte zwischen zwei Stützpunkten. Die erstere ist aber widerstandsfähiger an allen anderen Punkten.
2. Die Durchbiegung der parallelen Schiene ist beim Darüberschreiten einer Last überall schwächer als in der Mitte zwischen zwei Stützpunkten, bei der undulirten Schiene findet das Gegentheil statt. Die Erhebungen und Senkungen der Fuhrwerke sind daher im letztern Falle beim Passiren der Stützpunkte und gleich nachher rapider als im ersteren.
3. Deshalb ist die parallele Schiene der undulirten vorzuziehen und bietet überdies den gar nicht hoch genug anzuschlagenden Vortheil, dass sie gestattet, die Stützpunkte der Schiene sich stets gegenüber zu legen, wodurch vor Allem die Stätigkeit des Ganges der Fuhrwerke gefördert wird.

Diese Resultate waren entscheidend für die Adoptirung der parallelen Schiene auf der London-Birmingham Bahn, für die Verdrängung der undulirten Schiene durch die parallele, für die Herrschaft der letzteren überhaupt und

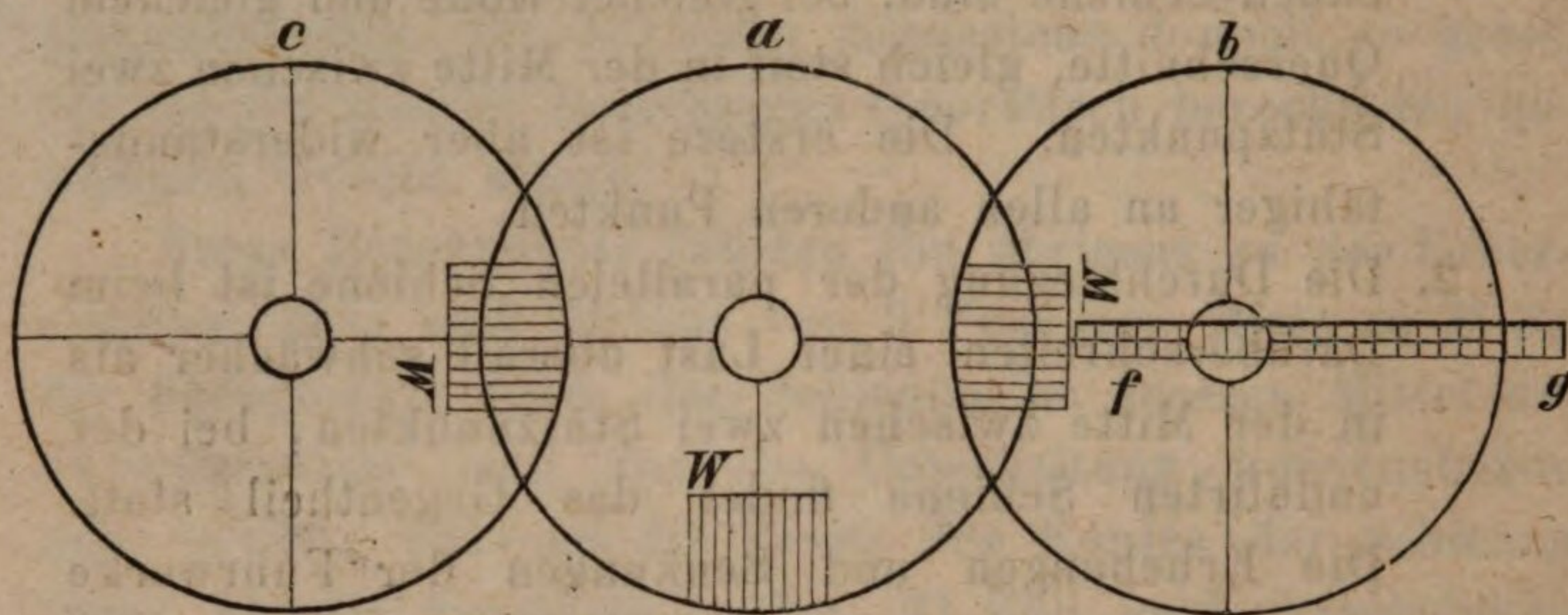
2) *Expériences sur la force transversale et les autres propriétés du fer malleable par P. Barlow.*

3) *Locard's Recherches sur les rails et leurs supports, Paris, Dalmont. 1853.*

deshalb von epochemachender Bedeutung im Bereiche der Eisenbahnkonstruktion.

Nicht übergangen darf hier das sinnreiche Verfahren werden, welches P. Barlow zur experimentativen Ermittlung der Vermehrung des Widerstandes anwandte, welchen die Räder der Fuhrwerke mit Zunahme der Biegsamkeit der Gleise erfahren.

Fig. 4.



Barlow's
Pendelrad.

Er versah, wie Fig. 4 zeigt, ein Paar Eisenbahnwagenräder mit einem schweren Gewichte am Rande und brachte diese in die Stellung *b* oder *c* auf dem zu untersuchenden Gleise. Die Räder setzten sich, frei gelassen, nun in Pendelbewegung und die Zahlen der Schwingungen, die sie machten, bis sie zur Ruhe kamen, gaben ihm direkt und mit der Genauigkeit von Pendelschwingungen, die Proportionen der Widerstände, die sie auf diversen Gleisen erfuhren.

Die Methode empfiehlt sich noch heute durch die Bequemlichkeit des Experimentirens und das hohe Maass von Genauigkeit, das sich durch Repetition der Schwingungen erzielen lässt.

Sie ist vom Verfasser zu ähnlichen Ermittlungen in ausgedehntem Maasse verwendet worden.

In derselben Weise wie die Versuche P. Barlow's für die allgemeine Anwendung der Parallelschienen mit

symmetrischem Kopfe und Fusse bestimmend für England wirkten, haben deutsche Experimente, die mit grösster Umsicht und ausgezeichnetem Talente angestellt wurden, den entscheidenden Ausspruch gethan, durch den die breitbasige Vignoleschiene für das deutsche Eisenbahnsystem charakteristisch geworden ist.

Dieselben stehen, an wissenschaftlicher Bedeutung und Präcision des Experiments, eben so weit über den Barlow'schen, als die Zeit von 1835 bis 1851 in Bezug auf die das Eisenbahnwesen betreffenden Anschauungen, fortgeschritten war.

Es sind dies die Untersuchungen über die Tragfähigkeit von Eisenbahnschienen, die, vom Königl. Preuss. Handelsministerium angeordnet, von Theodor Weishaupt (jetzt Königl. Preuss. Ober - Bau - Direktor) im Laufe des Sommers 1851 angestellt worden sind.

Theodor
Weishaupt's
Versuche.

Veranlassung zu diesen Ermittlungen gaben die sorgsamsten Studien, die man, behufs der Wahl des geeignetsten Schienenprofils für die erste vom Preussischen Staate gebaute grosse Eisenbahn, die Ostbahn, einleitete, nachdem die im Anfange des Jahres 1850 in Berlin zusammengetretene erste Versammlung deutscher Eisenbahntechniker die Frage: ob Stuhlschiene, ob breitbasige Schiene, in der Schwebe gelassen hatte. Von dieser Autorität war zwar die vorgeschlagene Empfehlung der Stuhlschiene mit 20 gegen 13 Stimmen zurückgewiesen, jedoch auch die Bevorzugung der breitbasigen Schiene mit 17 gegen 16 Stimmen abgelehnt worden. Man hatte zunächst Berichte von einer Anzahl der erfahrensten Techniker und einigen Eisenbahn-Verwaltungen erfordert und in dessen Folge waren 14 Elaborate eingegangen, von denen sich zwar 9 entschieden für breitbasige Schienen aussprachen, jedoch diese Meinungsäusserung nicht durch solche objektive Unterlagen beglaubigten, die dem Preussischen Ministerium genügend erscheinen konnten.

Studien der
K. Preuss.
Eisenbahn-
Verwaltung
über die Wahl
eines Schie-
nenprofils.

Die Belastungen wurden bei diesen Versuchen mit einem sehr vollkommen für diesen Zweck konstruirten, stabilen,

Apparat zu
Weishaupt's
Versuchen.

eisernen Hebeldruckapparat ausgeübt, die Messungen theils mit Fühlhebeln, welche die Veränderungen zehnfach vergrösserten, theils, bei grösseren Beträgen, mit Nonien-Maassstäben angestellt.

Um bei der Vergleichung der Werthe der Konstruktion der Stuhl- und breitbasigen Schienen die Täuschungen zu vermeiden, welche aus verschiedenen Fabrikations-Methoden und verschiedenem Material erwachsen konnten, wurde jede zu untersuchende breitbasige Schiene in drei Theile getheilt und bald einer bald zwei dieser Theile durch Behobeln in Formen gebracht, welche denen von gewissen Doppelkopfschienen (der Anhalt'schen und Westphälischen Bahn) gleichwerthig waren.

Bei Weis-
haupt's Ver-
suchen ge-
prüfte
Schienen.

Es wurden im Ganzen 128 Versuchsserien, jede meist aus 20 — 40 einzelnen Beobachtungen bestehend, angestellt und dabei

breitbasige Schienen der Ostbahn; Stargard-Posener-, Berlin-Hamburger-, Thüringschen- und Niederschl.-Märkischen Bahn;

Stuhlschienen der Westphälischen-, der Berlin-Anhalt'schen-, der Berlin-Potsdamer Bahn;

Brückenschienen der Magdeburg-Leipziger und Niederschlesisch-Märkischen Bahn;

Wegübergangschienen der Ostbahn und der Westphälischen Bahn

untersucht, die von 9 verschiedenen, theils deutschen, theils englischen Lieferanten, herrührten. Die Schienen wurden theils auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen von Kopf nach Fuss, theils umgekehrt gehenden Druck, theils auf die gegen laterale Pressungen geprüft. Alle Biegungen wurden zwischen 3 Fuss entfernten Stützpunkten bewirkt. Die Versuche erschwerten sich sehr durch die Unvollkommenheit der damaligen Schienenfabrikation, die oft in ein und derselben Schiene Material der verschiedensten Struktur erscheinen liess.

Dieselben lehrten zunächst:

Resultate von
Weishaupt's
Experimenten.

1. Dass die Widerstandsfähigkeit der Schienen, innerhalb der Elasticitätsgrenzen, bei Verwandlung aus der breitbasigen in eine Stuhlschiene, bei Weitem rascher abnahm, als das Gewicht, und zwar bis zu 40,5 Proc. schneller bei vollständiger Entfernung der Ausladung des Fusses über die Stegstärke.
2. Sodann ergaben sie die Nothwendigkeit, die Elemente des Profiles, wo das Material eine Dehnung zu erfahren hat, thunlichst weit von der neutralen Axe zu entfernen, woraus sich von selbst die Gestaltung eines plattenförmigen Fusses herleitete.
3. Zeigten sie, dass bei starken Vertikalbiegungen der Schienen, die äusseren Kanten des Fusses der breitbasigen Schienen der Biegung nicht zu folgen vermochten und dann Seitenkrümmungen eintraten. Dieser Umstand widerräth das Uebermaass der Breite und Dünne des Schienenfusses, ganz abgesehen von den Schwierigkeiten bei der Fabrikation.
4. Bestätigten sie den, von später als Barlow arbeitenden Experimentatoren gefundenen Satz, dass Schmiedeeisen, besonders von sehniger Struktur, der Ausdehnung ganz nahe denselben Widerstand entgegensetze, wie der Zusammendrückung, so dass die Neutralaxe der symmetrischen Schiene beinahe durch den Schwerpunkt ihres Profiles geht.

Endlich folgten daraus die Thatsachen:

5. In der Stärke des Steges der Schiene ist bei allen existirenden Profilen, in Bezug auf Widerstand gegen seitliche Pressungen, die den Hals der Schiene abzuknicken streben, mehr als Genüge geschehen.
6. Seitlichen Biegungen, die durch Druck gegen den Kopf entstehen, folgen Hals und Fuss, bei allen Gattungen Schienen, ganz entsprechend.
7. Stuhlschienen, selbst wenn sie im Widerstand gegen Biegung sehr hoch stehen, bleiben in Bezug auf den ge-

gen Bruch beträchtlich hinter breitbasigen Schienen gleicher Stärkeverhältnisse zurück.

8. Bei Schienen gleicher Höhe wird die Elasticitätsgrenze, gleichviel ob sie breitbasige oder Stuhlschienen sind, bei derselben Durchbiegung (bei $4\frac{1}{2}$ Zoll hohen Schienen mit 0,062 Zoll) erreicht.
9. Die Grenzen der sogenannten vollkommenen Elasticität sind illusorisch, da auch, nach Eintritt der ersten bleibenden Biegung, die Biegungsmaasse für weitere Belastungen dieselben bleiben.
10. Der laterale Widerstand der breitbasigen Schienen ist im Verhältniss zu dem der Stuhlschienen stärker, als das Verhältniss der Breite der Schienen und das Gewicht derselben annehmen lässt.

Entscheiden-
der Einfluss
dieser Ver-
suche auf die
deutsche
Eisenbahn-
Technik.

Diese auf so sicherem Wege erhaltenen Resultate entschieden die Königl. Preuss. Regierung für die Adoptirung des breitbasigen Schienensystems bei ihren Bahnbauten und übten mittelbar auf die ganze deutsche Technik einen so entschiedenen Einfluss, dass seitdem nur wenig Bahnen in Deutschland mit anderen Schienenformen ausgeführt worden sind.

Malberg's
Experimente.

Als eine würdige Fortsetzung der Weishaupt'schen Erörterungen sind die von Malberg⁴⁾ (jetzt Geh. Regierungs- und Baurath zu Görlitz) im Jahre 1857 angestellten zu betrachten, die zum Zweck hatten, die entsprechendste Form eines nur für die Niederschl.-Märkische Bahn zu wählenden Schienenprofils zu bestimmen. Malberg bediente sich des Weishaupt'schen Apparates und kam zu dem Schlusse, dass bei denjenigen Schienen, die das sehnigste Eisen im Fuss, das körnigste im Kopf hatten, die Elasticitätsgrenze am höchsten liege. Ein Steg von wenig über $\frac{1}{2}$ Zoll Stärke wurde bei den Versuchen für

4) Versuche über die Elasticitätsgrenze und Tragfähigkeit der Eisenbahnschienen nebst Bemerkungen über die Fabrikation derselben von Malberg 1857.

Schienen von 5 Zoll Höhe für ausreichend erkannt. „Besonders da“, fügt Malberg der Mittheilung der Resultate hinzu, „die einigermaassen weiche und nachgebende Lagerung der Schienen auf den Schwellen die Wirkung des seitlichen Stosses der Spurkränze an den Kopf der Schienen auf den Hals derselben beträchtlich abmindere.“

Direkt auf die Ermittlung der Widerstandsfähigkeit des Halses (Steges) der Schienen gegen seitliche Einwirkungen der Fuhrwerksräder, abzielende Erörterungen wurden weder bei den Weishaupt'schen noch Malberg'schen Versuchen angestellt und es blieb daher in der Kenntniss von den Festigkeits-Eigenschaften dieser Theile des Schienenprofiles eine Lücke, die der Verfasser unangenehm empfand, als er im Jahre 1858 dem Königl. Sächs. Finanzministerium Vorschläge that, den Hals des Normal-Schienenprofiles für die sächsischen Bahnen (das bis vor Kurzem unverändert dasselbe geblieben, obgleich die Verkehre sich hoben), welches $4\frac{1}{6}$ Zoll engl. Höhe hat, von $\frac{5}{8}$ Zoll Stärke auf $\frac{1}{2}$ Zoll abzumindern, und so, ohne Veränderung des Gewichts der Schienen, durch Zusatz dieser gewonnenen Masse, zu ihrer Höhe die Trägfähigkeit der Schienen um circa 20 Proc. zu vermehren. Sie wäre hierdurch den Verkehrssteigerungen gewachsen geblieben, denen sie jetzt, durch vielfache Brüche und Biegungen, in bedenklicher Weise unterliegt.

Dem von dem technischen Beirathe des Ministeriums und den Staatseisenbahn-Direktionen erhobenen lebhaften Widerspruche gegen diese Maassnahme gegenüber, sah sich der Verfasser genöthigt, die Thunlichkeit seines Vorschlags (die übrigens schon durch Adoptirung des neuen Preuss. Normalprofiles auf den Preuss. Bahnen nachgewiesen war) durch umfassende Experimente darzuthun.

Er schlug hierfür den Weg ein: Zu erörtern, welche Minimal-Dimension des Halses der Schienen demselben noch eine Widerstandsfähigkeit belasse, die dem höchsten Maasse der Widerstandsfähigkeit der Befestigungsmittel der Schienen auf den Schwellen noch überlegen sei. Folgernd, dass so

Experimente zur Ermittlung der seitlichen Widerstandsfähigkeit des Steges der Schiene.

Versuche des Verfassers in dieser Richtung.

Prinzip derselben.

lange dieses nicht kleiner als jenes werde, die Sicherheit genüge, die der Hals der Schienen gegen das Abknicken und Umdrücken der Schiene im Stege bieten.

Schon Weishaupt spricht (pag. 12 seiner mehrerwähnten Schrift) sich im gleichen Sinne aus, indem er sagt:

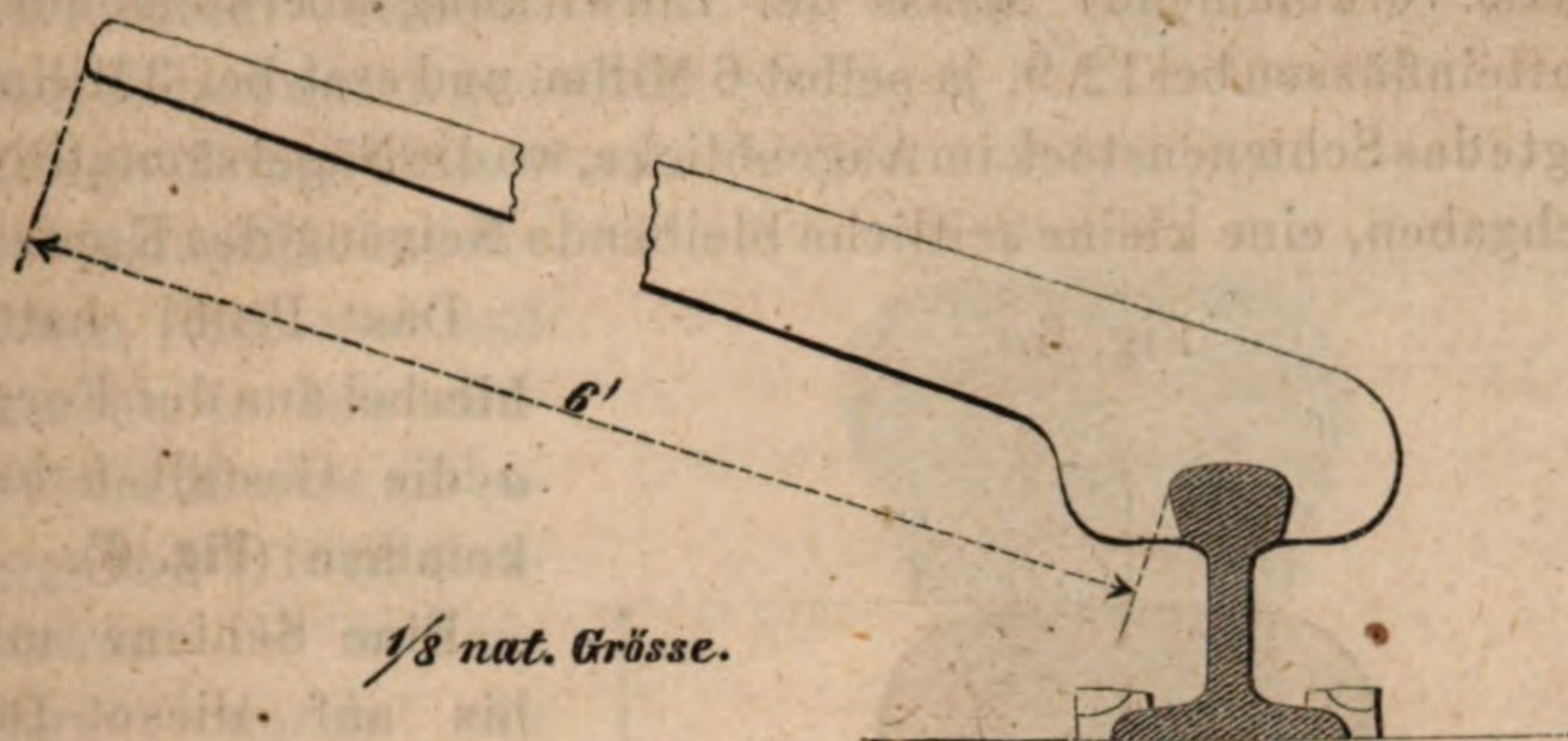
„Wäre übrigens in Wirklichkeit ein so grosses Bestreben vorhanden, die Schienen um die Kanten des Fusses zu drehen und so auf den Bruch des Steges hinzuwirken, so würde die Befestigung der Schienen durch Haknägel jedenfalls unzureichend sein und doch liegt noch kein Beispiel vor, dass, selbst in sehr scharfen Bahnhofskurven, ein Umwerfen der Schienen oder Brechen derselben im Steg in Folge des Pressens der Züge stattgefunden hätte.“

Es wurde nun ein Schienenstück von 6 Fuss Länge, besonders glatter Walzung und von gutem zähen Eisen der Laurahütte in Schlesien, bis nahe an die Elastizitätsgrenze (die an andern dergleichen Schienenstücken ermittelt worden war) auf Stützpunkten in 0,9 Met. Distanz belastet und die Biegungen desselben mittels eines Apparates gemessen, der $\frac{1}{1000}$ Zolle noch gut erkennen liess.

Dieses Schienenstück wurde sodann durch Abhobeln des Halses geschwächt und zwar jedesmal, wenn dies um 3 Millim. geschehen war, wieder auf seine Vertikalbiegung geprüft, zugleich aber folgender, etwas derben, aber dem Zwecke entsprechenden Probe unterworfen. Das Stück wurde auf doppelt so viel gesunden, frischen Kiefern-schwellen, als auf denen es in Praxi zu ruhen kommen sollte, mit doppelt so viel Nägeln als Vorschrift sind, festgeschlagen und dann zunächst, mittels einer gegen den Kopf wirkenden Winde, so lange gedrückt, bis es umzukanten begann und die inneren Nägel sich aus dem Holze zogen.

Sodann geschah dies mit einem Rucke und Stosse mittels eines langen Hebels, der die Schiene nur am Kopfe mit einer Klaue packte, wie **Fig. 5** zeigt, so dass die ganze Kraft zum Ausziehen der Nägel auf diese nur durch Ver-

Fig. 5.



mittelung des Schienenhalses und unter starkem Würgen des Schienenfusses erfolgen konnte. Die Schiene wurde in beiden Fällen und bei jedem Versuche nicht in ihrer Mitte, sondern an ihren Enden angepackt. Die ersteren Versuche ahmen den blossen Seitendruck der Spurkränze der Räder, die andern die Einwirkungen nach, die Schienen unter den schlimmsten Verhältnissen erfahren, wenn Räder seitlich gegen sie anprallen und zugleich auf einer Kante des Kopfes mit ihrer ganzen Last laufen.

Die Vertikalbelastungs-Versuche ergaben nun bei Abminderung der Halsstärke der Schienen, die bei 5000 Pfd. Mittelpunktbelastung 0,016 Zoll durchgedrückt hatte, von $\frac{5}{8}$ Zoll (15 Millim.) auf:

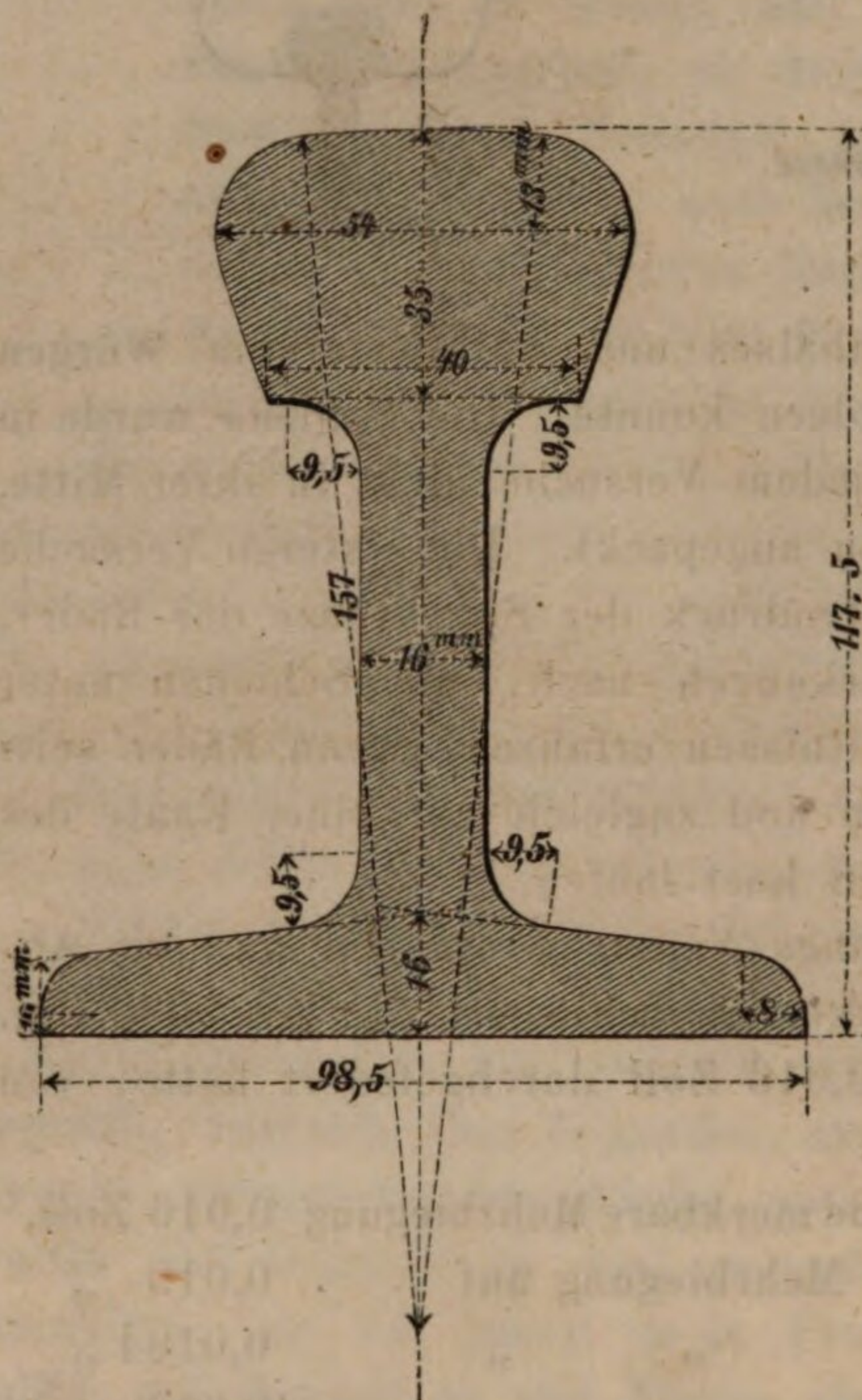
$\frac{1}{2}$ Zoll (12 Millim.)	keine merkbare Mehrbiegung	0,016 Zoll,
$\frac{3}{8}$ „ (9 „)	eine Mehrbiegung auf	0,019 „
$\frac{1}{4}$ „ (6 „)	„ „ „	0,0194 „
$\frac{1}{8}$ „ (3 „)	„ „ „	0,022 „

Die genügende Vertikalstabilität für den Hals von $\frac{1}{2}$ Zoll (12 Millim.) Stärke war durch diese Versuche vollständig dargethan.

Die Veränderungen des Profils beim langsamen und stossweisen Umkanten des abgeminderten Profils wurden durch Einschlagen desselben in eine Bleiplatte vor den Versuchen dargethan.

Völlig unverändert blieb das Profil bei diesen, jedes in der Praxis vorkommende Maass der Einwirkung übersteigenden Krafteinflüssen bei 12, 9, ja selbst 6 Millm. und erst bei 3 Millm. zeigte das Schienenstück im Augenblicke, wo die Nägel sämtlich nachgaben, eine kleine seitliche bleibende Neigung des Kopfes.

Fig. 6a.



Das Profil hatte hierbei aus der Form *a* die Gestalt *b* bekommen (Fig. 6).

Eine Schiene mit bis auf diese Dimension $\frac{1}{8}$ Zoll (3 Millm.) abgeschwächtem Halse wurde sodann als Auffahrtsschiene an eine Drehscheibe der K. Sächs. Westl. St.-Bahn gelegt, wo sie täglich über hundert Mal starke Vertikal- u. Horizontalstösse auf gemauerter Unterlage durch auffahrende Maschinen empfängt und das Profil hat sich durch eine Reihe von Jahren unverändert erhalten.

Resultat der

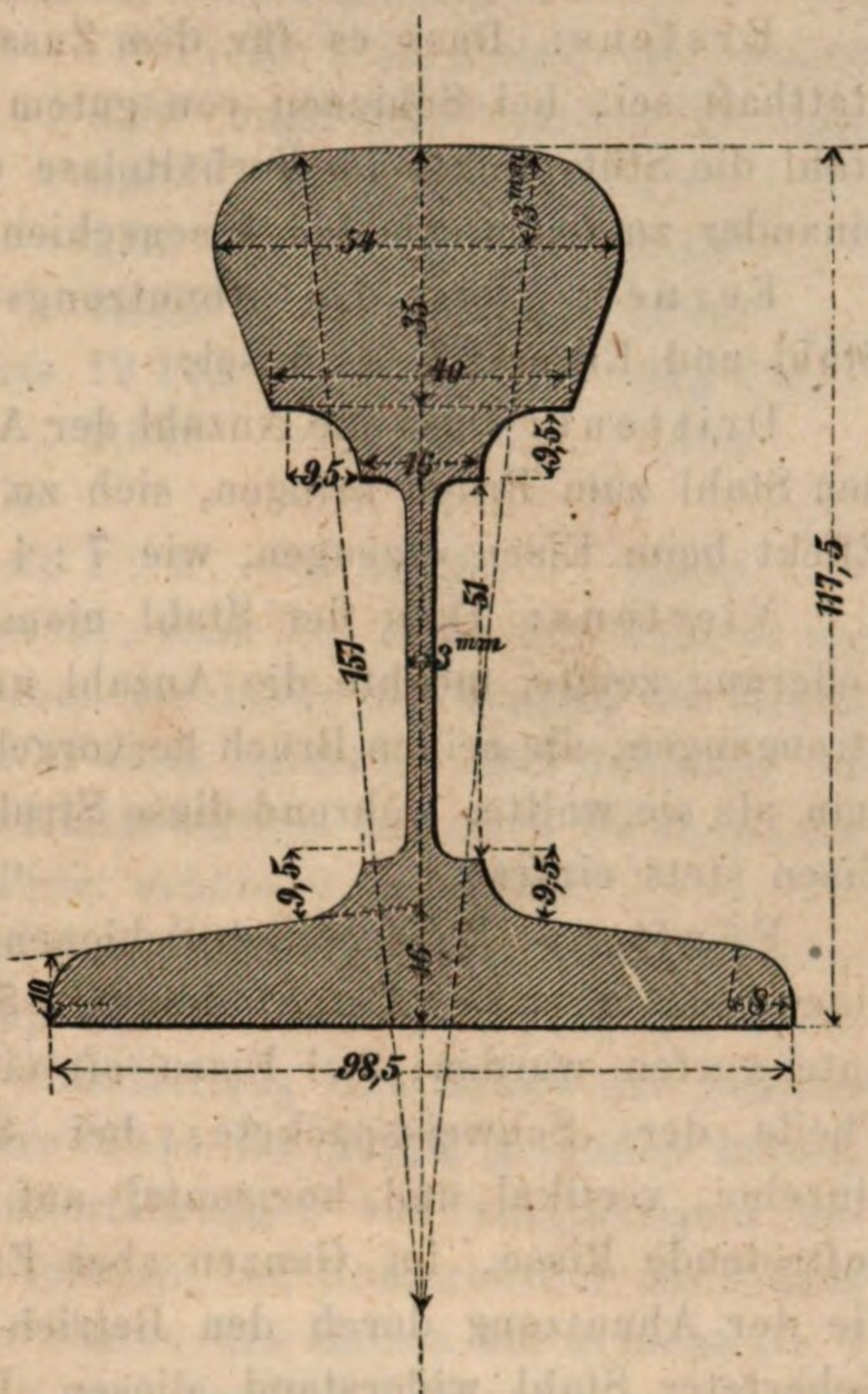
Versuche:

Die Dimension des Stegs aller üblichen Schienenprofile überreichlich genügend, ja überschüssig

Es geht daraus, in Verbindung mit den an den Schienen mit dünnstem Halse in der grossen Praxis gemachten Erfahrungen hervor, dass auch die schwächste für diesen Schienentheil angewandte Dimension noch überreichlich genügend ist, und dass selbst eine Stärke von $\frac{1}{4}$ Zoll (6 Millim.) in Bezug auf alle Betriebs-Einwirkungen ausreichen würde, wenn nicht bei den Senkungen der Schienenstösse dann

leicht ein Aufreissen des Halses in den Laschenlöchern zu befürchten stände, dem indess durch gehörige Konstruktion der Anlagefläche zwischen Schiene und Lasche in beträchtlichem Maasse zu begegnen ist. Die Fabrikation der Schiene wird durch zu dünnen Hals ungebührlich erschwert, was, besonders bei d. üblichen Komposition der Schiene aus Stahl und Eisen, sehr in das Gewicht fällt.

Jedenfalls aber erheben die Versuche es über jeden Zweifel, dass eine Stärke des Schienenhalses von $\frac{3}{8} - \frac{1}{2}$ Zoll (9—12 Millim.) für jede



übliche Schienenhöhe ausreichenden Widerstand gegen alle vertikalen, horizontalen und drehenden Einwirkungen, die auf Schienen stattfinden können, gewähre.

In neuerer Zeit sind, wiederum auf Veranlassung des A. Wöhler's Königl. Preuss. Handelsministeriums, in Betreff der Widerstands-^{Experimente.}fähigkeit der Schienen gegen Biegung, Bruch und Abnutzung Versuche unter Leitung des Ober-Maschinenmeisters der Niederschl. Märkischen Staatsbahn, Herrn A. Wöhler, mit der diesem Techniker eigenen, grossen wissenschaftlichen Sachkenntniss, Umsicht und Genauigkeit angestellt worden, die besonders zur Erörterung des Leistungs-

verhältnisses zwischen Stahl- und Eisenschienen dienen sollten.
Resultate von Dieselben haben, ausser andern werthvollen Resultaten, folgende Sätze geliefert:
Wöhler's Versuchen.

Erstens: Dass es für den Zusammenhalt der Gleise statthaft sei, bei Schienen von gutem Krupp'schen Gussstahl die Stützpunkte im Verhältnisse wie 3 : 4 weiter auseinander zu legen, als bei Eisenschienen.

Ferner: Dass das Abnutzungsverhältniss zwischen Stahl und Eisen wie 3 : 8 sei:

Drittens: Dass die Anzahl der Anstrengungen, welche den Stahl zum Bruch bringen, sich zu der, welche gleichen Effekt beim Eisen erzeugen, wie 7 : 1 verhalten.

Viertens: Dass der Stahl niemals eine Strukturveränderung zeigte, mochte die Anzahl und die Form der Anstrengungen, die seinen Bruch hervorgebracht hatte, so gross sein als sie wollte, während diese Strukturveränderung beim Eisen stets eintrat.

Fünftens: Dass endlich Schienen, die der Einwirkung einer sehr grossen Anzahl leichter Schläge auf den Kopf unterworfen wurden, bei Eisen oft eine Auflösung in die Theile der Schweisspackete, bei Stahl hingegen nur einzelne, vertikal und horizontal auf die Krafteinwirkung auftretende Risse, im Ganzen aber Erscheinungen zeigten, die der Abnutzung durch den Betrieb sehr ähnlich waren. Gehärteter Stahl widerstand diesen Einwirkungen, deren Folgen sich ganz besonders an den Schienenenden kund gaben, so wesentlich besser, dass Herr Wöhler zu dem Schlusse gelangte, dass es sich vielleicht empfehlen möchte, die Enden der Schienen zu härten.

Versuche der Köln - Mindner Eisenbahn - Gesellschaft.
Schliesslich sind noch die Versuche hier zu erwähnen, welche im Jahre 1852 die Verwaltung der Köln-Mindner Bahn, zum Zwecke der Konstruktion eines neuen Schienenprofils für diese Bahn, anstellen liess, und die zur Empfehlung einer Abminderung des Gewichts der bisher gebräuchlichen Schienen, dabei aber einer Emporstreckung des Profils um $\frac{1}{2}$ Zoll (12 Millm.) auf Kosten der Stärke des Halses derselben führten.

Die Entwicklung der Schienenprofile dieser trefflich verwalteten Bahn, durch drei Formen hindurch, zeigte die nachstehenden interessanten Erscheinungen:

	I. Profil.	II. Profil.	III. Profil.
Höhe der Schiene . .	3,66" engl.	4,25" engl.	4,75" engl.
Breite des Fusses . .	3,86" „	3,67" „	3,5" „
Breite des Kopfes . .	2,32" „	2,33" „	2,25" „
Dicke des Steges . .	0,625" „	0,75" „	0,542" „
Gewicht pro lauf. Fuss	19 Pfd.	24 Pfd.	21 $\frac{3}{4}$ Pfd.
Biegungs-Momente . .	8,686	14,063	17,363
Verhältniss zwischen Ge- wicht u. Tragfähigkeit 1 : 1	1,626	2,000	

Es geht daraus hervor, dass die Höhe der Schiene um circa 15 Proc. auf Kosten der Dicke des Halses, der Breite des Kopfes und des Fusses vermehrt und dadurch, bei Abminderung des Gesamtgewichtes um circa 10 Proc., die Tragfähigkeit um 25 Proc. erhöht worden ist.

Nicht unbemerkt darf auch bleiben, dass, bei Konstruktion des Schienenprofils II im Jahre 1849, die Techniker der Bahn eine Verstärkung des Halses der Schiene gegen Nr. 1 vom Jahre 1844 für nöthig gefunden hatten, dass aber die Gesammterfahrungen von achtjährigem Betriebe sie 1852 dahin führten, bei Konstruktion des Profils Nr. III noch unter die Stärke des Halses der Schiene Nr. I herabzugehen, obgleich das Profil Nr. III über einen Zoll höher war als Profil I.

Wir sehen davon ab, einer überaus grossen Anzahl, zum Theil hochverdienstlicher Untersuchungen, in der Stabilität der Eisenbahnschienen Erwähnung zu thun, sehr vielen Orten und bei verschiedenen Gelegenheiten angestellt worden, ja sogar, wie erwähnt, bei vielen guten Eisenbahnverwaltungen bei Uebnahme von Schienen üblich sind, und schliessen diese kurze Darstellung der Experimente, die für Konstruktion von Schienenprofilen und Gleisen ent-

Praktische
Resultate der
Köln - Mind-
ner Versuche.

Resultate der
Experimente
in Bezug auf
die Stabilität
des Gefüges
der Gleise.

scheidend gewesen sind, durch Rekapitulation der Resultate, die dieselben in Bezug auf die Stabilität des Gefüges der Gleise gehabt haben.

- 1) Der grössere Widerstand der Doppelkopfschienen gegen seitliche Verbiegung ist eine Hauptursache der Verdrängung der Fischbauchschienen gewesen.
- 2) Die grössere Widerstandsfähigkeit der Vignoles-Schienen gegen laterale Pressungen macht sie für die Stabilität der Gleise empfehlenswerther, als die Doppelkopfschienen.
- 3) Die Breite des Fusses der Vignoles-Schienen ist, im Interesse der Stabilität des Gleisegefüges, so gross herzustellen, als das Walzverfahren gestattet. Dagegen kann
- 4) der Hals der Schiene so schwach genommen werden, als die Stabilität der Enden derselben für Laschenverbindung und das Walzverfahren es gestattet, ohne befürchten zu müssen, dass die auf den Kopf der Schiene stattfindenden Einwirkungen des Betriebes einen defigurirenden Einfluss darauf zu äussern im Stande sein könnten, wenn nur die Verbindung des so dünnen Halses mit Kopf und Fuss der Schiene eine konstruktive ist⁵⁾.

5) Zu spät zu ausführlicher Benutzung in dieser Schrift wurden uns folgende höchst verdienstliche Arbeiten schwedischer Techniker bekannt:

C. P. Sandberg, Experiments on the strength of Iron Rails et different Temperatures. London, Manuscript.

Knut Styffe. On the Elasticity, Extensibility and absolute Strength of Iron and Steel. London, Murray.

Dies Werk ist die Zusammenstellung der umfassenden Studien, welche, auf Anordnung der schwedischen Regierung, durch eine Kommission, bestehend aus den Herren Ekman, Grill und Styffe in Bezug auf die Verwendbarkeit schwedischer Materialien für Herstellung von Eisenbahn-Objekten angestellt worden sind. Das Schlussresultat der höchst sorgsam durchgeführten, ausgezeichneten Arbeiten ist, dass Eisen und Stahl für ruhigen

II. Stabilität der Laschen - Verbindungen.

Der Zusammenhalt der Gleise in ihrer Längsrichtung hängt, Zweck der ausser von der Lagerung der Schwellen im Boden, der Reibung ^{Stossverbindungen und} der Schienen auf denselben und dem Halt der Nägel in den ^{ihre Eigen-} Nuthungen der Schienenfüsse, von der Haltbarkeit der Schienenverbindungs - Organe ab. Dieselben haben aber nicht ^{schaften.} bloss diesen Zweck, sondern sollen auch

- 1) die Schienenköpfe in gehöriger Lage gegen einander halten,
- 2) der Stossverbindung ein gewisses Maass von Steifigkeit verleihen und
- 3) endlich die Schienenköpfe, bei ihren vertikalen und horizontalen Verdrückungen und Bewegungen in Folge des Befahrens, von einander solidarisch machen.

Nur durch zwei Gattungen von Schienenkuppelungskonstruktionen, die im Grossen zur Ausführung gekommen sind (von versuchsweisen Ausführungen vielfacher anderweiter Konstruktion, selbst wenn sie sich auf ganze Bahnlinien erstreckten, kann hier natürlich nicht die Rede sein), wurden diese Zwecke sämmtlich angestrebt und mehr oder weniger vollkommen erreicht. Diese allein verdienen auch eigentlich nur den Namen von wirklichen Schienenkuppelungen, während die andern nur leichte Verbindungen der Schienenenden darstellen. Es sind dies die Stuhlkuppelung und die Laschenkuppelung in all ihren Formen und Gestalten. Die Eigenschaften der ersteren sind, ^{Stuhlkuppelung und Laschenkuppelung.} so viel bekannt, auf experimentativem Wege niemals ausführlich ermittelt worden, obwohl gute Konstruktionen dieses Prinzips, in Bezug auf die Eigenschaften unter 1 und 2, sehr Bemerkenswerthes leisteten.

Druck und Zug gleiche Festigkeit unter sehr verschiedenen Temperaturgraden behalten, während sich dieselbe bei sehr niederen Temperaturen gegen die Einwirkung von Stössen und Erschütterungen abmindert. D. Verf.

Indess konnte bei ihnen a priori eine eigentliche wirk-
same Absteifung der Verbindungsstellen der Schienen kaum
mit einiger Aussicht auf Erfolg angestrebt werden, obwohl
auch hierzu kostspielige Versuche gemacht worden sind.

Barlow's Un-
tersuchun-
gen der
Schienenver-
bindungen.

Dies erkannte schon Peter Barlow bei seinen im
Jahre 1834 auf der Liverpool und Manchester Bahn ange-
stellten Versuchen über die Senkungen der Gleise unter der
Einwirkung schnell darüber rollender Lasten, deren Resultate
er im mehrerwähnten Berichte an die Direktion der Lon-
don-Birmingham Bahn niedergelegt hat. Er fand hierbei
für die Einsenkungen an den Stössen und in der Mitte der
Schienen folgende Zahlen beim Ueberfahren mit der Ma-
schine „Swiftsure“ von 9 Tonnen Gewicht

	Geschwindigkeit			
	10 Meil.	15 Meil.	15 Meil.	15 Meil.
Senkung der Zwi- schenwürfel . .	0,014	0,004	0,004	0,005
Senkung der Stoss- würfel	0,024	0,017	0,012	0,016
Senkung der Zwi- schenwürfel . .	0,017	0,006	0,004	0,012
Senkung der Stoss- würfel	0,030	0,020	0,018	0,026

wobei die Senkungen in engl. Zollen ausgedrückt sind.

Im Mittel ergab sich, bei gleicher Distanz der Stütz-
punkte, eine dreimal so grosse Senkung am Stosse, woraus
Barlow richtig folgerte, dass auf die Steifigkeit der Stoss-
verbindung durch Stühle kein Werth zu legen und das ganze
Bestreben der Konstrukteure darauf zu richten sei, durch
die Kuppelung der Schienenköpfe diese, bei allen möglichen
vorkommenden Aenderungen ihrer Lage, fest von einander
abhängig zu machen und keine Verschiebung gegen einan-
der in vertikaler und horizontaler Richtung zu gestatten,

die Erhaltung der Richtung des Gleises aber lediglich durch die Solidität der Stützpunkte anzustreben.

Diese Erörterungen und Schlüsse waren von so grosser Tragweite, dass sie durch volle 20 Jahre diejenige Konstruktionsform der Gleise maassgebend machten, welche die feste Auflagerung des Schienenstosses auf eine möglichst solid gebettete Unterlage (Schwelle oder Würfel) verlangte und dagegen die Solidarität der Schienenenden, besonders bei den Oberbau-Anordnungen mit breitbasigen Schienen, verhältnissmässig in den Hintergrund stellten.

Dagegen trat die Tendenz, ein auch in den Stossver- Experimentative Unter-
bindungen möglichst steifes Schienengestänge herzustellen, suchung der
sofort mit grosser Allgemeinheit und Lebendigkeit hervor, Laschen-
als gegen das Ende der Vierziger Jahre die Laschenkup- kuppelung.
pelung in ausgebreiteten Gebrauch zu kommen begann. Man
beschäftigte sich vielfach mit derjenigen Konstruktion der
Laschen und der Anordnung der Bolzen, durch die dieser
Zweck möglichst annähernd erreicht werden konnte, und die
verschiedenartigsten Querschnitte der Laschen kamen zum
Vorschein, wobei man sogar bis zum totalen Umfassen und
Einkapseln der Schienenenden durch dieselben gelangte und
doppel- und einseitige Platten von Stahl und Eisen mit
drei, vier und fünf Bolzen befestigt und von sehr verschie-
dener Länge anwandte. Es führte dies zum Extrem der
mehrtheiligen Schienen, ein Experiment, das von Busse
in Leipzig 1845, Breithaupt in Bückeburg 1844 und be-
sonders Latrobe und Winslow ⁶⁾ in Lyon ausgeführt,
am Losewerden der vielen Verbindungselemente scheiterte.

Unter den ersten, mit erforderlicher Sorgsamkeit ein- Th. Weis-
geleiteten, experimentativen Ermittlungen über die Steifig- haupts Er-
keit der Laschenverbindungen nehmen wiederum die von mittlungen.
Th. Weishaupt im Jahre 1851 angestellten, einen her-
vorragenden Platz ein.

6) Organ 1865. 49.

v. Weber, Eisenbahngleise.

Es wurden dabei untersucht die Laschenkuppelungen der:

- a) Preussischen Ostbahn, 18 Zoll lang.
6,3 Pfund schwer.
mit 4 Bolzen.
- b) Niederschlesisch Märkischen Bahn, $11\frac{1}{2}$ Zoll lang.
 $5\frac{1}{4}$ Pfd. schwer.
mit 4 Bolzen.
- c) Lübeck Büchener Bahn, einseitige Laschen,
15 Zoll lang.
 $3\frac{3}{4}$ Zoll hoch.
12 Pfund schwer.
mit 4 Bolzen.
- d) Westphälisch. Bahn, Winkellaschen, 15 Zoll lang.
9 Pfund schwer.
mit 4 Bolzen.

Laschen-
kuppelungen
weit weniger
steif als die
zubehöri-
gen
Schienen.

Die Versuche lehrten, dass, bei gleicher Auflageweite der Schienen und der Kuppelungen, letztere meist durch solche Belastungen schon zum Bruch kamen, durch die die Elasticitätsgrenze der Schiene noch bei weitem nicht erreicht wurde.

Nachstehende Zusammenstellung zeigt diese Verhältnisse.

Bei der Konstruktion der			
	Ost- bahn.	Niederschles. Märk. Bahn.	Westphälische Bahn.
durch Mittelbelastung von Centnern			
Erreicht wurde bei 3 Fuss engl. (0,9 M.) Stützpunktdistanz der Bruch oder die totale Biegung der Kuppelung . . .	85,4	130,4	110
Die Elasticitätsgrenze der Schiene . . .	170	166	139

Die für den Betrieb der Gleise unzulässige Durchbiegung der Laschenkuppelungen von 0,2 Zoll (4,8 Millim.) aber trat ein bei folgenden Belastungen in Centnern:

Lübeck Büchener Kuppelung.	Ostbahnkup- pelung.	Niederschles. Märk. Kuppelung.	Westphäl. Kup- pelung.
139	89	71,9	68

Die zugehörigen Schienen
bogen sich bei diesen
Belastungen um Zolle: —

0,032 (0,8mm)	0,05 (1,25mm)	0,031 (0,77mm)
---------------	---------------	----------------

Schon diese Versuche leiteten daher zu dem Resultate, dass die Steifigkeit der Laschenkuppelungen 4 — 10 mal geringer, als die der zugehörigen Schienen, und daher weitaus zu unbedeutend sei, um zur Steifigkeit des Gefüges der Gleise an sich wesentlich beitragen zu können.

An die Weishaupt'schen Versuche schlossen sich die von Malberg im Jahre 1853 angestellten an, die hauptsächlich zum Zwecke hatten, Vergleichungsmaasse zwischen der Festigkeit von Stahl- und Eisenlaschen und den damit hergestellten Verbindungen und zwischen Laschenverbindungen mit 3 und 4 Bolzen zu liefern.

Malberg untersuchte die Laschenverbindungen der

- a) Berg. Märk. Bahn mit 3 Bolzen und eisernen Laschen, 15 Zoll lang,
2 Zoll $3\frac{1}{2}$ Linien hoch,
11 Pfund schwer.

- b) Bergisch Märkischen Bahn mit 4 Bolzen und flachen eisernen Laschen, 21 Zoll lang,
2 $\frac{1}{2}$ Zoll hoch,
13 Pfund schwer.
- c) Bergisch Märkischen Bahn mit 4 Bolzen und Puddelstahllaschen von gewölbter Form, 21 Zoll lang,
2 $\frac{1}{2}$ Zoll hoch,
13 Pfund schwer.
- d) Bergisch Märkischen Bahn mit 4 Bolzen und Puddelstahllaschen von flacher Form, 21 Zoll lang,
2 $\frac{1}{2}$ Zoll hoch,
13 Pfund schwer.
- e) Bergisch Märkischen Bahn mit 4 Bolzen und Eisenlaschen von gewölbter Form, 21 Zoll lang,
2 $\frac{1}{2}$ Zoll hoch,
13 Pfund schwer.

Endlich wurde auch die Steifigkeit der Schienen selbst geprüft.

Diese Versuche sind wichtig, weil sie direkte Vergleichen des Werthes verschiedener Kuppelungen an denselben Schienen und verschiedener Materialien der Laschen, bei derselben Form der Kuppelung, gestatten. Die Kuppelungen wurden an kurzen Schienenstücken befestigt, in 2 Fuss 5 Zoll (0,725 Met.) freier Distanz auf Holzschwellen aufgelegt, mit einer kleinen hydraulischen Presse gebogen und die Biegungen mittelst Lineals und Zollstabes gemessen.

Die dreibolzige Laschenkuppelung (unter *a*) zeigte sich als die weitaus schwächste gegen Vertikaldruck.

Die permanente Biëgung trat bei einer Belastung von 4990 Pfund und einer Durchbiegung von $\frac{3}{16}$ Zoll (4,8 Millimet.) ein.

Der Bruch erfolgte im Mittelloche der Laschen bei $\frac{33}{16}$ Zoll (52,8 Millim.) Durchbiegung und 13,080 Pfund Belastung.

Völlig parallel laufen die Versuche mit gleichgeform-

ten und befestigten Laschen, einmal aus Stahl und einmal aus Eisen, *b* und *d*.

Bei den eisernen flachen Laschen, trat die permanente Durchbiegung bei 6250 Pfund Belastung ein. Die für den Betrieb unzulässige Biegung aber schon bei 5170 Pfd. Bruch war nicht zu erzielen, aber die Laschen defigurirten sich durch seitliche Ausbiegung des Mittelstückes total bei einer Belastung von 11200 Pfund und einer Durchbiegung von $\frac{30}{16}$ Zoll (48 Millim.)

Die gleichgeformte Stahllaschenkuppelung trug bis zur unzulässigen Biegung volle 7500 Pfund. Die permanente Durchbiegung begann bei 7690 Pfund. Der Bruch erfolgte bei 17980 Pfund.

Die Parallelversuche mit eisernen und stählernen gewölbten Laschen ergaben für die eisernen Laschen den Eintritt der unzulässigen Biegung bei 5260 Pfund, den der permanenten Biegung bei demselben Maasse und die totale Defiguration durch Zwischendrängen des Schienenkopfs zwischen die Laschen bei 11280 Pfund; ohne Bruch.

Die stählernen Laschen zeigten die unzulässige Biegung bei 5620 Pfund. Die permanente Biegung bei 7690 Pfund und der Bruch durch die Mittellöcher bei 14370 Pfd. und $\frac{28}{16}$ Zoll (44 Millim.) Durchbiegung.

Die Schienen, zu deren Verbindung diese Laschen bestimmt waren, ergaben erst bei 18000 Pfd. Belastung $\frac{1}{12}$ Zoll (1,6 Millim.) Durchbiegung und der Beginn der permanenten erst bei 19000 Pfund.

Auch diese Versuche zeigten, dass keine Laschenkuppelung durch ihre Steifigkeit irgend etwas zur Herbeiführung grösserer Rigidität des Schienengestänges beizutragen im Stande sei, da diejenige Biegung, die nicht mehr zulässig in betriebenen Gleisen ist, bei den besten von obigen Kuppelungen schon bei 7500 Pfund Belastung eintrat, während die zugehörigen Schienen erst bei dem Dreifachen dieser Belastung die gleiche Biegung zeigten.

Grössere
Steifigkeit
der Stahl-
laschen.

Die Versuche thaten übrigens eine Superiorität der Stahllaschen in Bezug auf die relative Steifigkeit der Kuppelung dar (die nach Obigem ohne Werth ist), zeigte aber eine Bruchfähigkeit derselben, die als ein grosser Nachtheil in allen den Fällen zu betrachten sein wird, wo vom Zusammenhalt der Gleise, selbst unter starken Verbiegungen, die Verhütung von verderblichen Vorkommnissen abhängt.

Zu ganz ähnlichen Resultaten gelangte man bei einer grossen Anzahl Versuche gleichen Zweckes, die an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten angestellt worden sind und auf die näher einzugehen hier nicht der Ort ist.

Alle diese Untersuchungen wurden mit Laschenkuppelungen an Schienen mit geschweiftem Fusse und birnförmigem Kopfe vorgenommen.

Der unter-
schnittene
Schienen-
kopf.

Der Gedanke, die Schienenprofile mit Rücksicht auf Herstellung besseren Haltes der Laschenkuppelungen zu konstruiren, ist, wie oben schon erwähnt, obgleich ziemlich alt, doch bemerkenswerth spät erst zur allgemeinen Ausführung gekommen, was seinen Hauptgrund darin hat, dass die Walzkunst erst weit vorgeschritten sein musste, ehe man daran denken durfte, den Schienen die betreffenden Formen mit gehöriger Genauigkeit und ohne Nachtheil für die Stabilität des Profils zu geben, d. h. die Köpfe stark zu unterschneiden etc.

Zwei Methoden sind im Grossen zur Ausführung gekommen, um den Schienenprofilen, behufs dichterem und tragfähigeren Anschlusses der Laschen, geeignete Formen zu geben.

Die konvexe
Lasche.

Einmal hat man dem Kopf und Fuss eine Hohlkehle gegeben, in welche der nach gleichem Radius abgerundete Ober- und Unterrand der Lasche hineinpasste, die konvex konstruirt war. Durch Anziehen der Bolzen sollte sich diese Konvexität flacher strecken und dadurch dichtes Anstemmen der Laschen an Kopf und Fuss erzielt werden.

Nach diesem System war seiner Zeit das ältere Profil der K. Preuss. Niederschl. Märk. Staatsb. und ist das zur Zeit noch übliche Profil der K. Sächs. Staatsbahn konstruirt.

Das Prinzip hat sich als durchaus irrig erwiesen. Die Konvexität der Lasche streckt sich nicht genug, um den obern und untern Anschluss zu bewirken, und der Zusammenschluss aller Kuppelungen, die nicht zufällig sehr gut passend in der Walzung gerathen sind, ist höchst mangelhaft.

Das System ist daher schon seit fast 8 Jahren von den Preussischen Bahnen entfernt worden.

Die zweite Methode besteht darin, dass man dem Kopf und Fuss der Schienen stark geneigte flache Ebenen giebt und zwischen diese die, mit konischem Profil konstruirten Laschen, mittelst der Bolzen hineinzwängt. Die konische Lasche.

Es ist dies das beste jetzt bekannte und fast bei allen neuen Ausführungen angewandte Verfahren.

Leider sind, so viel uns bekannt, experimentative Erörterungen über die Stabilitätsverhältnisse hiernach konstruirter Laschenkuppelungen nicht angestellt, oder doch nicht publicirt worden.

Mit der, wie oben gesagt, nach irrigen Prinzipien konstruirten Laschenkuppelung, bei der die stählernen Laschen konvexen Querschnitt zeigen, hat der Verfasser Untersuchungen angestellt. Dieselben hatten einen dreifachen Zweck: M. M. v. Weber's Untersuchungen.

- 1) Die Stabilität einer Laschenverbindung, bei der Kopf und Fuss der Schienen, vermöge ihrer Form, die Laschen nicht keilförmig auseinander zu treiben bestrebt sein konnte, im Verhältniss zur Stabilität der zugehörigen Schiene, zu erörtern.
- 2) Das Verhalten dieser Laschenverbindung und die Art von deren Formveränderung bei starker Durchbiegung zu beobachten; und
- 3) Auf praktischem Wege diejenige Vertheilung der Schwellen unter Schienen, welche durch solche La-

schenverkuppelungen vereinigt waren, zu ermitteln, die, unter Anwendung schwebender Stösse, die Stabilität der Gesammtheit des Gestänges als überall gleich erscheinen liesse.

Da es hierbei weniger auf die specielle Konstruktion, als auf die Erforschung der Wirksamkeit des Prinzips der Laschenkuppelungen, die sich fest gegen Kopf und Fuss der Schiene stemmen, ankam, so liess der Verfasser die zu den Versuchen bestimmten Kuppelungen sauber bearbeiten und allenthalben dicht schliessend zusammenpassen.

Verhältniss
zwischen
Steifigkeit
von Schie-
nen- und La-
schenkuppe-
lung.

Versuche *ad 1.* Die erste Kolumne der nachstehenden Tabelle giebt die angewandten Belastungen, die zweite die Mittelwerthe der dabei erfolgenden Durchbiegungen der Schiene, die dritte die der Laschenkuppelung, bei Auflage beider auf 3 Fuss entfernte Stützpunkte und Mittelbelastung.

Druck. Centner.	Durchbiegung d. Schiene. Millimet.	Durchbiegung d. Kuppelung. Millimet.
17,5	0,515	0,68
27,5	0,612	1,02
64,7	1,020	3,04
74,4	1,230	—
84,7	1,440	9,05
94,7	1,600	—
104,7	2,050	15,55

Die Elasticitätsgrenze der Schienen wurde durch letztere Belastung noch nicht überschritten, hingegen zeigte, selbst bei der schwächsten Belastung, die Kuppelung keine vollständige Rückkehr in die frühere Form. Bei Belassung der Last von 104,7 Centner auf der Kuppelung schritt die Biegung derselben fort, ohne dass Bruch der Stahllaschen erfolgte.

Diese Versuche legten klar zu Tage, dass auch bei dieser Konstruktion der Laschenkuppelung, wo der Kopf und der Fuss der Schiene sich fest auf die Lasche stützten: die Widerstandsfähigkeit der Kuppelung gegen Bie-

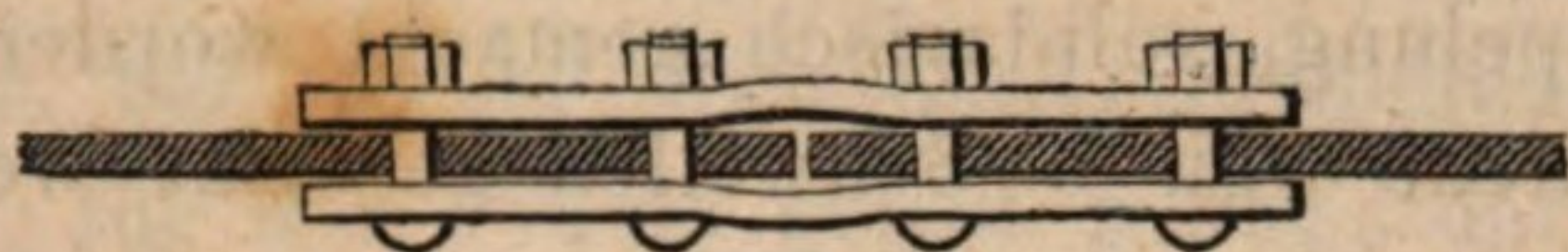
gung, im Verhältniss zu der der Schiene selbst so gering war, dass dieselbe nur sehr wenig zur Steifigkeit des Schienengestänges beitragen konnte.

Die Uebereinstimmung mit den Weishaupt'schen und Malberg'schen Versuchen war sehr genügend.

Versuche *ad* 2. Bei der wachsenden Durchbiegung des Stosses bekamen die Laschen an ihren Oberkanten zwischen den beiden Mittelbolzen eine Ausbiegung (**Fig 7**), die, sobald

Defiguration
der Lasehen.

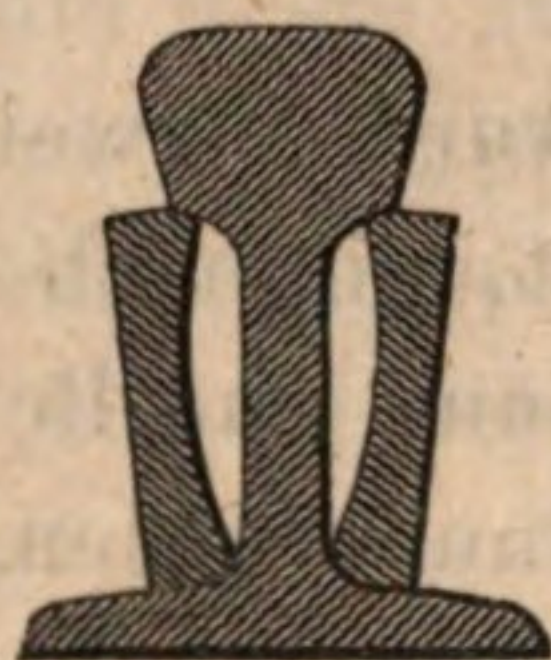
Fig. 7.



$\frac{1}{12}$ nat. Grösse.

sie so stark wurde, dass sie die Ränder der Hohlkehle am Kopfe der Schiene frei liess (**Fig. 8**), das Fortschreiten

Fig. 8.



$\frac{1}{6}$ nat. Grösse.

der Biegung bei derselben Belastung zur Folge hatte. Dies geschah bei der Belastung von 104 Centner, die weit unter der ist, mit der die Treibräder der meisten Lokomotiven die Schienen drücken.

Schlüsse *ad* 3. Hierauf wurde die theoretische Fest- Ermittlung
stellung der Anordnung der Stützpunkte unter der 18füssi- der
gen Schiene, für gleichförmige Stabilität des Gestänges bei Stützungs-
schwebendem Stosse, basirt. verhältnisse
der Schienen.

Die Stossenden der Schiene wurden als an einem Ende eingespannte, am andern Ende freistehende Balken betrachtet und den Laschen nur das Amt zugemuthet, diese En-

den so zu vereinigen, dass eines mit dem andern gleiche Biegungen machen müsse, d. h. dass jedes, um den Betrag seiner Tragfähigkeit, das andere stütze. Die Kuppelung selbst aber wurde nur mit dem Minimum ihrer Tragfähigkeit dabei in Rechnung gezogen. Die Schwellen wurden als breitlose Stützpunkte angenommen.

Es hätte sich nun die Länge des freistehenden Theiles der Schienen zu der Distanz zwischen 2 Stützschielen verhalten müssen wie 1 : 8, wenn die Schienenenden gar nicht gekuppelt gewesen, wie 1 : 4, wenn sie, ohne alle Steifigkeit der Kuppelung, solidarisch gemacht worden wären. Da nun die Schiene von 6 Schwellen gestützt werden sollte, so erschien es, um zu praktischem Maasse zu kommen, mit Rücksicht auf das immerhin vorhandene, wenn auch geringe Maass der Steifigkeit der Kuppelung, zulässig, die Distanz zwischen den Stössschwelen zu 2 Fuss (0,61 Met.) zu nehmen und den Rest von 16 Fuss (4,88 Met.) der Schienenlänge in 5 gleiche Theile von $3\frac{1}{5}$ Fuss (0,976 Met.) Länge zu theilen.

Zu den Versuchen wurden zwei ganze, 18 Fuss (5,5 M.) lange Schienen verwendet, die nach diesem Principe gestützt und dem Halt der Nagelung und Belastung durch die Fuhrwerke gemäss, festgespannt wurden, während man die Kuppelungsstelle belastete und ihre Niederbiegung maass. Sodann wurden die Schienen wieder in ganz gleicher Weise festgespannt, jedoch die Biegung eines Stückes der vollen Schiene zwischen den Stützpunkten, die $3\frac{1}{5}$ Fuss (0,976 M.) auseinander lagen, gemessen.

Diese Versuche, als den Verhältnissen in der Praxis so nahe als möglich entsprechend, wo es sich ja auch stets um Kontinua von eingespannten Schienen handelt, wurden mit derjenigen Sorgsamkeit angestellt und wiederholt, die sie dem zu Folge verdienten. Die nachstehende Tabelle giebt die erhaltenen Mittelwerthe:

Belastung	Biegung der Schienen bei	Biegung des Stosses bei
	0,976 Met.	0,6 Met.

in	Stützpunktdistanz	Stützpunktdistanz.
Centner.	in Millimet.	in Millimet.
64,7	0,32	0,30
74,7	0,52	0,53
94,7	0,62	0,62
104,7	0,72	0,72

Die überraschend genaue Uebereinstimmung dieser Zahlen wies die fast vollständige gleiche Stabilität des Schienengestänges bei dieser Stützpunktvertheilung nach und zeigt, dass, für die Praxis genau genug, der, wenn auch geringe, Einfluss richtig abgeschätzt worden war, den die Laschenverbindung, ausser der Erfüllung ihres Amtes, die Schienenenden solidarisch zu machen, auch auf die Vermehrung der Steifigkeit des Stosses ausübt.

Man darf daher, unter Berücksichtigung dieses Einflusses, für die Praxis die Regel aufstellen, dass, unter Anwendung einer guten Laschenkuppelung, ein in allen Theilen fast genau an Tragfähigkeit gleiches Gleisgestänge hergestellt wird, wenn man (bei schwebenden Stössen) die Distanz der Schwellen zunächst am Stosse zu 0,6 derjenigen der Stützwellen nimmt und diese gleichmässig unter den Schienen vertheilt.

Es ist dies ein für die Praxis sehr werthvolles Resultat der vielfachen, in Betreff des Steifigkeitsmaasses der Laschenkuppelungen und dessen Einflusses auf den Zusammenhalt der Gleise angestellten Erörterungen ⁷⁾.

7) M. Ch. Andries, *Ann. de Trav. Publ. de Belgique. Tome XII*, kam auf theoretischem Wege zu dem Schlusse, dass die Distanz der dem Stosse zunächst liegenden Schwellen 0,58 sein müsse, wenn die Distanz der Stützwellen 1,13 sei, um eine gleichförmige Steifigkeit des Gestänges herbeizuführen. Bei diesen theoretischen Ermittlungen ist der Einfluss der Lasche auf das Absteifen der Kuppelung offenbar doch zu gering angeschlagen.

III. Stabilität der Gleise gegen Bestrebungen, sie in ihrer Gesammtheit zu verschieben.

Auftreten
der Erschei-
nungen.

Mit der Zunahme der Geschwindigkeit des Eisenbahnbetriebes, die durch die Zunahme der Masse desselben und die Zeittendenz bedingt ist, traten in Deutschland die eigenthümlichen und gefährlichen Erscheinungen der Verschiebung der Gleise im Boden häufiger auf. Die nähere Beobachtung lehrte, dass dieselben sich hauptsächlich beim Uebergange der Fuhrwerke aus geraden Linien in Kurven und in langen geraden Bahnstrecken, auf denen sehr schnell gefahren werden konnte, zeigten.

Ferner wurde wahrgenommen, dass die erstern sich meist beim schnellen Einfahren aus den geraden Linien in die Kurven mit Maschinen zeigten, deren Radstand ein langer, und deren Vorderachsenbelastung verhältnissmässig schwach war, während umgekehrt die Verschiebungen in gerader Linie meist nach dem Befahren derselben mit Maschinen sehr kleinen Radstandes, grosser Leistungsfähigkeit und weit über Vorder- und Hinterachse ausladender Konstruktionen wahrgenommen wurden.

Die Ursachen beider waren daher offenbar sehr verschiedener Natur.

Verschie-
bungen beim
Uebergange
in Kurven.

Die erstere Gattung von Erscheinungen wurde hervorgebracht: erstens durch die Wirkung der Centrifugalkraft der Maschinenmassen in nicht richtig konstruirten oder ungenügend unterhaltenen Kurvenübergängen, zuweilen unterstützt durch momentanes Nachgeben einer nicht wohl unterstopften Stelle im Geleise und sodann durch das Bestreben der noch im geraden Strange befindlichen Räderpaare der Maschine, die Vorderräder in derselben Richtung zu halten. Diese Verschiebungen zeigten sich daher als konstante Verdrückungen der Kurve, um oft sehr beträchtlichem Maasse bis zu mehr als einem Fusse, nach der konvexen Seite derselben.

Die zweite entstand durch heftige Horizontaloscillationen der Maschine, deren lange Massen, durch den Hebel des kurzen Radstandes, doppelt verderblich wirken mussten. Die Horizontaloscillation ihrerseits wurde aber fast stets durch einen Vertikalanstoss hervorgerufen, den eine lose Kuppelung, eine ungewöhnliche und ganz lokale Schwelleneinsenkung verursachten. Die dadurch heftig, nicht allein auf die Seite geschleuderte, sondern auch in starke nickende Bewegung gebrachte Maschine prallte so, nach Maassgabe des Spielraums ihrer Räder im Gleise und ihrer Geschwindigkeit, in kürzern oder längern Undulationen gegen die Schienen an und verschob dadurch das Gleis auf den Scheiteln dieser Undulationen um so leichter, als das anprallende Vorderad durch die Nickbewegung momentan einen grossen Theil seiner Belastung verlor und somit auch das dort wenig belastete Gleis mit wenig Reibung am Boden haften konnte. Diese Erscheinungen zeigten sich als längere oder kürzere wellenförmige Verdrückungen des Gleises in seiner Horizontalprojektion, deren Wellenhöhe sich oft auf mehrere Fuss erhob.

Verschiebungen in geraden Linien.

Beide Vorkommnisse treten somit, ihren natürlichen Motiven gemäss, weit häufiger bei Oberbaukonstruktionen von geringerer vertikaler Stabilität, als bei solchen von grosser Steifigkeit auf.

Die Maasse der bei diesen Vorkommnissen beiderlei Natur von den bewegten Maschinen ausgeübten Kräfte und Pressungen gegen die Gleise auf theoretischem Wege auch nur annähernd bestimmen zu wollen, ist absolut unthunlich, da die Maasse der momentanen Senkungen und Verschiebungen, die sie in den Gleisen erfahren, gänzlich unbekannt sind.

Unthunlichkeit, die Maasse der dabei auftretenden Kräfte zu bestimmen.

Sehr wenig Hoffnung ist auch, auf experimentativem Wege zu einiger Kenntniss desselben zu kommen, da Versuche, die Licht hierauf werfen könnten, eben so schwierig und kostspielig, als gefährlich anzustellen sind.

Auf theoretischem Wege ist das Maass der Pressung, welches das Maschinengewicht durch Centrifugalkraft in mathematisch genau ausgeführten Kurven bei gegebener Geschwindigkeit äussert, sehr leicht zu ermitteln, auf experimentativem das Maass, welches dazu gehört, die Maschine im Gleise seitlich zu verschieben, wenn sie in die Kurve tritt, — alles Andere, der Einfluss aller Unregelmässigkeiten ist uns vorläufig vollkommen dunkel.

Mangel an
experimenta-
tiven Ermit-
telungen in
Bezug auf
die Gleisver-
schiebungen.

Wie wir schon im ersten Theile dieser Schrift näher berührten, ist diese Angelegenheit in ihrer Wichtigkeit von den deutschen Eisenbahnverwaltungen erkannt, zum Gegenstand einer in der Technikerversammlung zu München 1868 gestellten Frage gemacht worden, auf welche die Techniker von 46 Verwaltungen mehr oder minder eingehende Antworten gegeben haben. Von keiner der beantwortenden Verwaltungen ist aber irgendwo darauf hingedeutet worden, dass in ihrem Bereiche experimentative Erörterungen über die bei Gleisverschiebungen auftretenden und dazu erforderlichen Kraftmaasse angestellt worden wären, auch ist es dem Verfasser weder durch Erkundigungen, noch literarische Forschung gelungen, irgendwelche Nachrichten darüber zu erhalten, dass man sich irgendwo mit solchen Ermittlungen einigermaassen nachhaltig beschäftigt habe. Es erschien daher im hohen Maasse empfehlenswerth, eine Reihe von Versuchen anzustellen, durch welche die theils empirisch, theils theoretisch gebildeten Anschauungen in Betreff der Kräfte, welche einerseits die Gleise in ihrer Lage zu halten, andererseits sie daraus zu verschieben trachten, entweder berichtigt oder bestätigt werden könnten.

Diese Experimente konnten nicht anders als sehr direkt auf das Ziel gehend und mit klarster Fassung der Fragen angeordnet werden, wenn die Resultate, die sie geben mussten, wirklich unzweideutige und verständliche Antworten auf die Fragen ertheilen sollten.

Die Summe der sämmtlichen auf die Stabilität der Gleise gegen Horizontalverschiebung zu stellenden Fragen

zerfiel der Sache gemäss (wie auch schon die Auffassungen der Eisenbahnverwaltungen bei den Cirkularfragen angedeutet hatten) in zwei Hauptgruppen.

- A. Solche, welche die Stabilität gegen Horizontalverschiebung des ganzen Gleises im Boden betreffen.
- B. Solche, welche die Stabilität der Schienen gegen Verdrückung auf den Schwellen betreffen.
- Fragestellung bei den Experimenten über Verschiebung der Gleise.

Die erste Gruppe hat uns zunächst zu beschäftigen, während die Behandlung der zweiten den Abschnitt IV dieses Werkchens bildet.

Sie besteht aus den folgenden fünf Fragen:

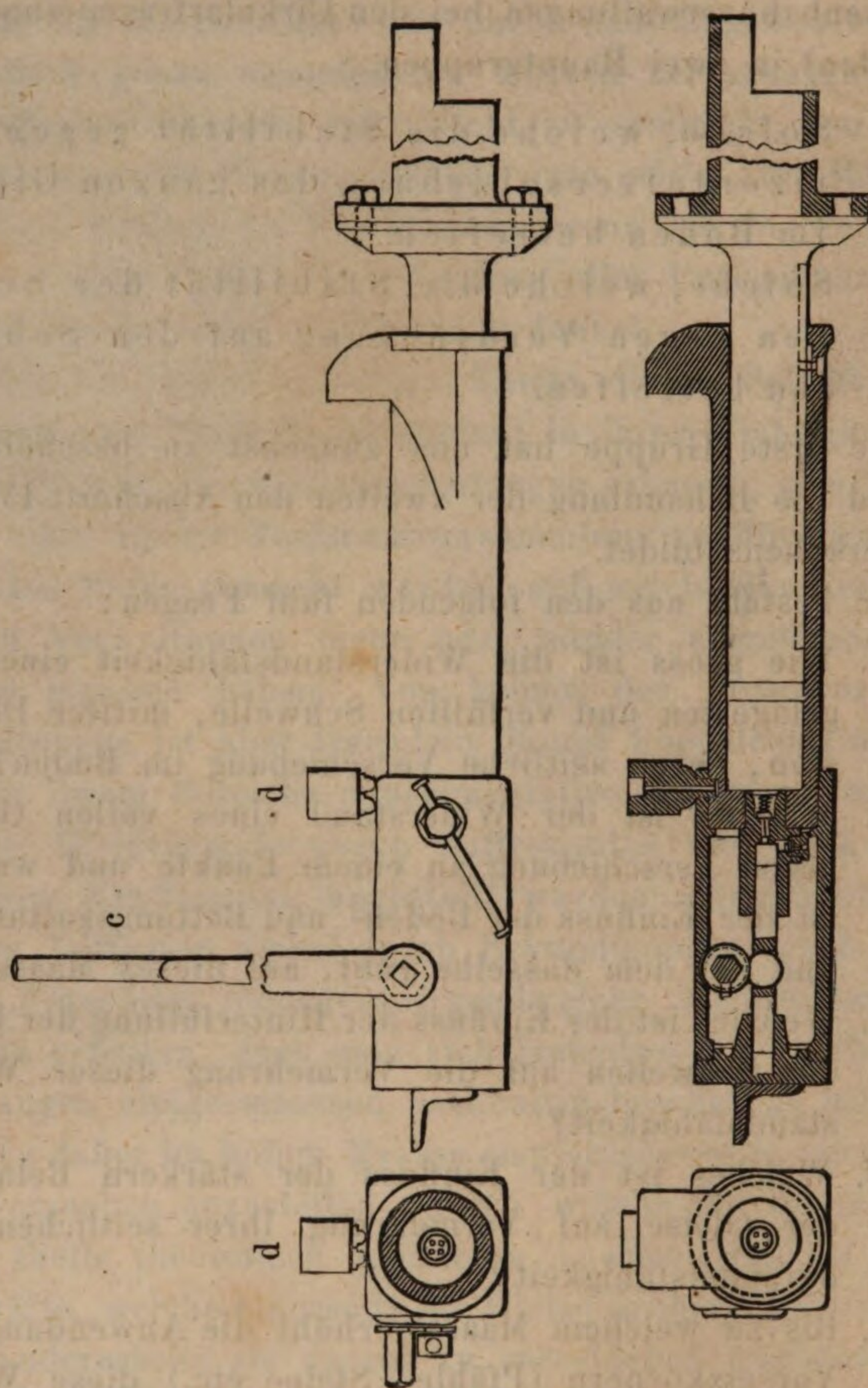
- I. a. Wie gross ist die Widerstandsfähigkeit einer gut gelagerten und verfüllten Schwelle, mittler Dimension, gegen seitliche Verschiebung im Boden?
- b. Welches ist der Widerstand eines vollen Gleises gegen Verschiebung an einem Punkte und welches ist der Einfluss der Boden- und Bettungsgattung, in und auf dem dasselbe ruht, auf dieses Maass?
- c. Welches ist der Einfluss der Hinterfüllung der Köpfe der Schwellen auf die Vermehrung dieser Widerstandsfähigkeit?
- d. Welches ist der Einfluss der stärkern Belastung der Gleise auf Vermehrung ihrer seitlichen Widerstandsfähigkeit?
- e. Bis zu welchem Maasse erhöht die Anwendung von Vorsetzkörpern (Pfähle, Steine etc.) diese Widerstandsfähigkeit?

Die Experimente wurden sämmtlich an besonders wohlgehaltenen, offenbar sehr fest und unbewegt liegenden Gleisen, die seit längerer Zeit keiner Justirung bedurft hatten, angestellt, und zwar in folgender Weise:

Eine kleine, sehr sauber von Taugye in Birmingham gefertigte hydraulische Fusspresse der **Fig. 9** dargestell-

Apparat zu den Experimenten.

Fig. 9.



ten Form, die sich für diese Art von Versuchen ganz besonders wohl eignet, da die Winde sich leicht überall anbringen und die Bewegung des Hebels *c* sich, wo sie auch liegt oder steht, bequem bewirken lässt, zugleich aber auch die Kraftmaasse auf der Zeigerscheibe eines auf den Stützen *d* aufzuschraubenden Monometers ohne Schwierigkeit abzulesen sind. Dieselbe wurde in der Werkstatt der Staatsbahn

nochmals ganz besonders sorgsamer Revision unterworfen und mit einem, ebenfalls besonders sorgsam gearbeiteten Schäffer- und Budenberg'schen Manometer auf dem Stutzen *d* versehen. Sodann wurden durch direkte Hebelbelastungen die Hebkkräfte verificirt, die aus dem Durchmesser des Presskolbens und dem indicirten Drucke im Manometer berechnet worden waren.

Hierbei ergab sich nebenbei das mit den Fairbairn'schen Versuchen übereinstimmende Resultat, dass die Reibung des Presskolbens bei keinem Drucke sich über 3 — 4 Proc. des theoretischen Effektes der Presse erhob. Die Skala des Manometers wurde den direkten Belastungen gemäss angeordnet, so dass man, ohne einen Irrthum von mehr als 2 — 3 Proc. fürchten zu müssen, die Hebkkräfte der Presse in Centnern direkt an dieser Skala ablesen konnte.

Diese Presse wurde an einen unbeweglichen Gegenstand (Mauer, Felsstück etc.) auf der einen Seite festgestemmt, während der Kolben gegen die Köpfe der Schwellen der zu untersuchenden Gleise wirkte.

Alle nachstehenden Versuche wurden mit Gleisen angestellt, die nach den für die K. S. Staatsbahn gegebenem Normalien konstruirt sind. Die Schienen haben das auf den **Tafeln I — IV** in Natural-Grösse dargestellte Profil und sind pro 18 Fuss engl. ihrer Länge von 6 und 7 Stück kiefernen Schwellen gestützt, die 8 Fuss sächs. Länge, 6 Zoll Dicke und 8 — 10 Zoll Breite und halbrunde Waldkante haben.

Das Gleis ist offenbar für den grossen Verkehr der sächs. Staatsbahnen zu schwach, eignete sich aber gerade deshalb, vermöge seiner Biegsamkeit, ganz besonders gut zu Experimenten über Stabilität der Gleise.

Experimente zu Beantwortung der Fragen A, *a* und *b*.

I. Versuchsreihe.

Die Nägel, welche verschiedene, in verschiedenen Bodengattungen liegende Schwellen mit den Schienen vereinigen, v. Weber, Eisenbahngleise.

Experimente
in Betreff der
Fragen A,
a und *b*.

nigen, werden herausgezogen und dann die Schwellen horizontal in ihrer Längsrichtung im Boden verschoben.

Die Schwellen sind sämtlich von Kiefernholz, 2,4 M. lang, 240 Millim. in den Auflagen breit und mit halbrunden Waldkanten (□). Die Köpfe sind verfüllt bis zur Oberfläche der Schwellen.

Verschiebung einer einzelnen Schiene.
Schwelle

Der zur Verschiebung der Schwellen erforderliche Druck betrug im Mittel:

Schwelle im festen Sande . . . 9 $\frac{3}{4}$ Centner.
Schwelle im dichten Granitgrus . 10 „

Es ergab sich hierbei, dass die Schwellen vom Augenblicke an, wo die kleinste Verschiebung erfolgte, durch genau die Hälfte der Kraft, die erforderlich gewesen war, diese hervorzubringen und die Adhäsion zwischen Schwelle und Boden aufzuheben, beliebig weiter geschoben werden konnte.

Ein Einfluss der Natur der Bettung war bei unbelasteten Schwellen auf das zu ihrer Verschiebung erforderliche Kraftmaass nicht wahrzunehmen.

II. Versuchsreihe.

Verschiebung der Stossschwellen von im Verband liegendem Gleise.

Die Winde wirkt gegen die Köpfe der Stossschwellen von Gleisen mit im Verbande liegenden, verlaschten Stössen. Die 5,4 Meter langen Schienen sind durch 7 Schwellen gestützt. Alle Nägel sind fest angezogen.

Druck. Centner.	Verschiebung in Millimetern	
	im Sandboden.	im groben Kies.
40	—	1,5
50	1,5	—
60	—	3,0
65	30	—
70	—	4,5
80	4,5	6,2
90	6,2	—

Druck. Centner.	Verschiebung in Millimet.	
	im Sandboden.	im groben Kies.
100	12,5	9,0
105	weitere Verschiebung ohne Druckvermehrung	
		12,5
110	—	weitere Verschiebung ohne Druckvermehrung.

Diese Verschiebung ohne Druckvermehrung erstreckte sich bis auf 50 — 75 Millim., sodann traten Spannungen im Gefüge ein, die, unregelmässig, zu weiterer Verschiebung grössere Kräfte in Anspruch nahmen. Zu Untersuchung derselben fanden wir uns nicht gemüssigt, da Verschiebungen über 50 Millim. hinaus nicht mehr innerhalb der ermittelungswerthen Gränzen liegen.

Bei dem ersten Gleise ging das auf 50 Millim. verschobene Gleis durch seine Elasticität auf 15 Millim., das zweite Gleis auf 28 Millim. zurück.

III. Versuchsreihe.

Die Winde drückt gegen die Stossschwelle eines Gleises mit unverwechselten, doch verlaschten Stössen. Alle Verhältnisse sind die vorigen.

Verschiebung von Stossschwellen von im Verband liegenden Gleise.

Druck. Centner.	Verschiebung in Millimetern.	
	Gleis im Kiesboden.	
50	.	1,5
70	.	3,0
80	.	4,5
85	.	9,0
90	.	12 bis 50

Die Verschiebung von 12 bis 50 Millimet. erfolgt ohne Vermehrung des Druckes.

Das Gleis geht auf 25 Millim. durch seine Elasticität zurück.

IV. Versuchsreihe.

Verschiebung von Mittelschwellen im Sande gelagert. Die Winde wirkt auf die Mittelschwelle von drei verschiedenen, an verschiedenen Stellen liegenden Schienen. Die Gleise sind neu ausgeführt, die Schwellen liegen im groben Sande, jedoch sehr fest gebettet.

Druck in Centnern.	I. Stelle.	II. Stelle.	III. Stelle.
Verschiebung in Millimetern.			
10	—	1,5	1,5
20	1,5	3,0	3,0
25	—	6,0	6,0
30	3,0	9,0	—
35	—	18,0	—
40	—	24,0	21,0
45	18,0	30,0	39,0
50	—	39,0	42,0
55	21,0	48,0	48,0
60	24,0	60,0	60,0
65	33,0	—	—
70	60,0	—	—
Zurückbleibende Verschiebung	36,0	39,0	42,0

V. Versuchsreihe.

Verschiebung von Mittelschwellen im dichten Granitgrus gelagert. Diese Doppelexperiment wurde als Parallelversuch zum vorhergehenden mit einem ganz gleich konstruirten Gleise und unter demselben Angriffsverhältnisse angestellt, um den Einfluss der Bodengattung, in der die Schwellen ruhen, auf die seitliche Widerstandsfähigkeit der Gleise möglichst drastisch zu finden. Es lagen nämlich die Gleise an den beiden Versuchsstellen (statt wie bei Versuch IV. in Sand) in festem, alten Granitgrus, dessen Zwischenräume mit den verwitterten Elementen desselben dicht ausgefüllt waren. Der Boden konnte nur mit scharfer Hacke bearbeitet werden und umschloss die Schwellen ungemein fest, so dass

selten solidere Lagerung derselben vorkommen dürfte. Besonders war dies der Fall an den Köpfen der bis zu ihrer Oberkante verfüllten Schwellen.

Druck in Centnern.	I. Stelle. Verschiebung in Millimetern.	II. Stelle.
10	0,8	1,5
20	2,3	3,0
30	3,8	4,5
40	4,5	6,0
50	5,3	12,0
60	18,0	18,0
65	60,0	48,0
68	—	60,0

Es ist hieraus deutlich ersichtlich, wie wenig Einfluss die Bodengattungen, in welchen Gleise liegen, auf deren seitliche Stabilität haben (so lange sie nicht belastet sind), da im Sandboden die Schwellen bei 40 Centner Seitendruck die Widerstandsfähigkeit verloren, während dies bei der dichtestmöglichen Bodengattung bei 50 Centner eintrat.

Resultate der zu Beantwortung der Fragen unter A. a und b angestellten Versuchsreihen.

1. Die Widerstandsfähigkeit von unbelastet im Boden liegenden gut ausgeführten Gleisen gegen seitliche Verschiebung ist verhältnissmässig gering. Ein Seitendruck von 30 — 50 Centnern reicht hin, den Verband zwischen Schwellen und Boden zu lösen. Dieser Druck ist geringer als die Pressung, welche eine 600 Centner schwere Lokomotive bei 6 Meilen Fahrgeschwindigkeit in einer Kurve von 1000 Fuss Radius durch ihre blosse Centrifugalkraft (abgesehen von allen sonstigen Einwirkungen) auf den äussern Schienenstrang äussert, wenn durch Senkung, oder sonstigen Zufall, die Ueberhöhung desselben verloren gegangen ist.

Widerstand unbelasteter Gleise im Boden sehr gering.

Bodengattung von wenig Einfluss darauf.

Nachgeben der Adhäsion zwischen Schwelle und Boden.

2. Die Gattung des Bodens, in der die Schwellen der Gleise liegen, ist für die Widerstandsfähigkeit unbelasteter Gleise gegen seitliche Verschiebung ohne grosse Wichtigkeit.
3. Der zur horizontalen Verschiebung eines unbelasteten Gleises erforderliche Druck wächst bis zu einem gewissen Maasse dieser Verschiebung. Ist dies (meist 12 — 18 Millimet.) eingetreten, so lässt sich das Gleis auf ein ansehnliches Maass hin (50 bis 75 Millim.) ohne beträchtliche Vermehrung dieses Druckes weiter verschieben, bis eine Spannung der Verbindungen des Gestänges eintritt.

Experimente zur Beantwortung der Frage A, c.

Zur Ermittlung des Einflusses, den die solide Hinterfüllung der Schwellenköpfe auf die Widerstandsfähigkeit des Gleises gegen seitliche Verschiebung äussert, wurden nur zwei Versuchsreihen angestellt, deren Ergebnisse aber so durchschlagender Art waren, dass von weiteren Erörterungen in dieser Richtung abgesehen werden konnte.

Vorausgeschickt muss werden, dass unter Hinterfüllung der Schwellen hierbei nur die Umschotterung der Köpfe derselben mit festgerammtem Sand, Kies oder Steinschlag verstanden wird, während die Hintersetzung derselben mit Packsteinen, wie sie hier und da üblich ist, die Verhältnisse dergestalt ändert, dass, bei dieser Konstruktion der Bettung, die Schwellen eben so wenig als frei im Boden liegend betrachtet werden können, als wenn sie mehr oder weniger solid hintermauert wären.

Auch die Erörterungen über Unterstützung der Lage der Schwellen durch Verschlagpfähle hatten eine andere Stelle zu finden.

VI. Versuchsreihe.

Derselbe war ein Parallelexperiment zu den unter Versuch IV. aufgeführten dreien.

Verschiebung der Schwellen ohne Hinterfüllung.

Das Gleis, genau wie die dort benutzten konstruirt, nicht fern von denselben im Sandboden von ganz gleicher Beschaffenheit gelegen, hatte auch dasselbe Alter von jenen und ungefähr derselbe Betrieb bewegte sich darüber hin.

Bei jenen Versuchen (IV.) hatten dagegen die Schwellen so im Boden gelegen, dass er eine Ebene mit der Oberfläche derselben bildete.

Bei dem nachfolgenden Versuche wurden die Schwellenköpfe, auf 2 Schienenlängen hin, durch Ausgraben von der Hinterfüllung befreit.

Das Ergebniss war:

Druck in Centnern.	Verschiebung in Millimet.
10	1,5
20	3,0
25	12,0
35	48,0
45	60,0

Die Elasticität des Gleises verminderte diese Verschiebung nach Aufhören des Druckes bis auf 6 Millimet. Vergleicht man die Zahlen dieser Tabelle mit den Ziffern unter Versuch IV, so zeigt sich, dass hier das eigentliche Losewerden der Schwellen, wo die Fortsetzung der Verschiebung bis zu einem gewissen Maasse ohne Vermehrung des Druckes erfolgen kann, bei einem zwischen 25 und 35 Centner liegenden Drucke eintrat, während dies dort zwischen 35 und 40 Centner erfolgte.

VII. Versuchsreihe.

Bedeutsam war der zweite Versuch, der mit dem Ex- Desgleichen. perimente Nr. V. parallel lief.

Die Schwellen lagen hier in so hartem, festgebackenem Boden (Granitgrus mit dazwischen gesickerten bindenden Theilen), dass es schien, als müsse die Hinterfüllung der Schwellenköpfe ungemein viel zu deren fester Lagerung gegen Seitenverschiebung beitragen. Dieselbe wurde, wie bei Experiment VI, durch Abgraben entfernt.

Druck in Centnern.	Verschiebung in Millimet.
10	0,8
20	1,5
30	3,0
40	6,0
50	9,0
60	18,0
65	36,0
68	60,0

Durch Elasticität des Gleises kehrte dasselbe auf 45 Millimeter Verschiebung zurück. Bis zu Verschiebungen von 18,0 und 25,0 Millim. hatte sich die Gleisrichtung nach Aufhören des Druckes vollständig hergestellt.

Die Vergleichung der Tabelle mit den Zahlen des Versuch V zeigt, dass hier der Einfluss der Hinterfüllung sich als völlig bedeutungslos erwies, indem das Losewerden des Gleises mit der Hinterfüllung, wie ohne dieselbe, bei 50 Centner Druck erfolgte und die Verschiebungen, in beiden Fällen, bei gleichen Pressungen auch fast dieselben waren.

Erscheinungen im Boden bei der Schwellenverdrückung.

Die Erscheinungen, welche die Hinterfüllung der Schwellenköpfe während der Verschiebung der Gleise zeigte, wiederholten sich genau in gleicher Weise bei sämtlichen Experimenten und waren folgende:

Genau in der Breite des Schwellenkopfes hob sich ein keilförmiges Stück Boden empor, dessen Höhe die der Schwelle war, während der Winkel α der nachstehenden Skizze, je nach der Beschaffenheit des Bodens, variirte, niemals aber war, im Augenblicke des sogenannten Losewer-

Fig. 10.



dens des Gleises, die Linie *b* mehr als doppelt so lang als *c*.

Wurde die Verschiebung nun fortgesetzt, so hoben sich die Schwellen, je nach der Bodenbeschaffenheit, mehr oder weniger auf der geneigten Ebene *e, d* empor, so dass das Gleis etwas schräg zu liegen kam.

Die Erscheinungen der Verschiebung der Hinterfüllung liessen sich sehr gut durch Abstechen der Hälfte der verschobenen Massen mittelst eines sehr scharfen Spatens beobachten, so dass man einen Querschnitt dieser Masse erhielt, auf dem man sehr gut das Ruhengebliebene und das Verdrückte erkennen konnte.

Resultate der zur Beantwortung der Fragen *A, c.* angestellten Versuchsreihen *VI* und *VII*.

- 1) Die Hinterfüllung der Schwellenköpfe bis zur Oberfläche der Schwellen mit Bettungs- oder sonstigem Boden-Material ist, gleichviel welcher Art dieses Material auch sei, von sehr geringem Einflusse auf die Widerstandsfähigkeit der Gleise gegen seitliche Verschiebung, ganz besonders aber wenn das Gleis unbelastet und deshalb ein einseitiges in die Höhe Drücken desselben in der Richtung der Verschiebung möglich ist.

Hinterfüllung der Schwellen fast ohne Einfluss.

- 2) Die Elasticität der Schienen stellt, bei nicht hinterfüllten Gleisen, selbst nach beträchtlichen Verschiebungen derselben, die ursprüngliche Richtung,

Gleis stellt seine Lage bei nicht hinterfüllten Schwellen fast ganz wieder her.

nach Aufhören der Verschiebungsursache, fast ganz wieder her. Es hat dies seinen Grund darin, dass hier nicht, wie bei verfüllten Schwellen, der abbröckelnde Boden sich zwischen die verschobenen Schwellenköpfe und die Hinterfüllung legen und so deren Zurückgehen hindern kann.

Experimente zur Beantwortung der Frage A, d.

Bedingungen
für diese
Versuche.

Es versteht sich, dass die Versuche, welche das Maass des Einflusses ermitteln sollen, den die Belastung der Gleise auf die Vermehrung von deren seitlichem Widerstande äussert, so viel als irgend möglich unter gleichen Bedingungen mit jenen angestellt werden mussten, durch welche die Widerstandsfähigkeit der unbelasteten Gleise darzuthun war.

Mit grosser Sorgfalt waren daher schon für die ersten Gleisstrecken ausgesucht worden, die für unmittelbar daneben anzustellende Parallel-Versuche noch genügende Gleislängen boten, und bei denen alle Wahrscheinlichkeit dafür sprach, dass die Lagerungs- und Stützverhältnisse derselben fast genau die gleichen, wie bei den ersten Versuchen, sein müssten.

Der Uebersichtlichkeit halber werden wir in der nachstehenden Tabelle, neben den Maassen und Kräften für die Verschiebung des belasteten Gleises, auch die gleichen für das unbelastete Gleis aufführen.

VIII. Versuchsreihe.

Verschiebung mit einer Lokomotive belasteter Gleise.

Die Schwellen liegen bis zu ihrer Oberfläche verfüllt im festen Sande, wie bei Versuchsreihe IV. Die Winde wirkt, wie dort, auf die Mittelschwelle. Die Gleiskonstruktion ist dieselbe.

Auf das Gleis wird eine sechsräderige Tenderlokomotive von 550 Centner Gewicht gefahren und zwar so, dass die Treibachse, mit 200 Centnern belastet, unmittelbar über den Angriffspunkt der Winde zu stehen kommt.

Druck in Centnern.	Verschiebungen bei unbelastetem Gleise in Millimetern.			Verschiebungen bei belastetem Gleise in Millimetern			
	I. Versuch	II. Vers.	III. Vers.	I. Vers.	II. Vers.	III. Vers.	IV. Vers.
10	—	1,5	1,5	} unbemerktbar.			
20	1,5	3,0	3,0				
25	—	6,0	6,0				
30	3,0	9,0	—				
35	—	18,0	—				
40	—	24,0	21,0				
45	18,0	30,0	39,0				
50	—	39,0	43,0				
55	21,0	48,0	48,0				
60	24,0	60,0	60,0				
65	33,0	—	—				
70	60,0	—	—				
100	—	—	—	0,8	0,8	0,8	0,8
130	—	—	—	1,5	1,5	1,5	1,5
140	—	—	—	4,5	3,0	4,5	3,0

Es ist aus dieser Zusammenstellung in 7 Versuchsreihen ersichtlich, dass die Widerstandsfähigkeit des Gleises sich durch die Belastung mit 550 Centnern fast zehnfach erhöht, und dass sich dasselbe unter seitlichen Pressungen, die es in unbelastetem Zustande über jedes beim Befahren zulässige Maass hinaus verschoben hatten, in keiner bemerkbaren Weise aus seiner Lage rückte.

Es ist daher, da das bei den Versuchsreihen obiger Tabelle I. — III. verschobene Gleisstück fast genau 50 Centner und die gesammte, inklusive der Erdvorlagen der Schwellen, in Bewegung gesetzte Masse circa 60 Centner wog, der seitliche Widerstand des Gleises fast genau der Belastung proportional gewesen, mit der das betreffende Gleisstück den Boden drückte.

Widerstand durch die Belastung um das Zehnfache erhöht.

Widerstand genau der Belastung des Bodens proportional.

IX. Versuchsreihe.

Bestätigung.
dieses Satzes

Zu näherer Erörterung dieses Ergebnisses, werden drei, ebenfalls in sehr gleichmässigem festen Sandboden liegende Gleisstellen ausgewählt, und an denselben, unter Verhältnissen, die den in der Versuchsreihe VIII in Bezug auf Gleiskonstruktion und Angriff der Winde völlig gleich sind,

1. das unbelastete Gleis,
2. das mit einer schwer beladenen vierräderigen Lowry im Bruttogewicht von 295 Centnern belastete Gleis,
3. das mit obiger Maschine von 550 Centner Schwere belastete Gleis

verschoben; nach jeder Versuchsserie wird das Gleis in seine richtige Lage zurückgerückt, vollständig in dienstfähigen Stand gebracht und einige Tage unberührt gelassen.

Der Angriff der Winde erfolgt bei dem beladenen Wagen an der Schiene in der Mitte zwischen den Rädern.

Druck in Centnern.	Unbelastet.			Lowry 295 Centner.			Lokomotive 550 Ctr.		
	Verschiebung in Millim.			Verschiebung in Millim.			Verschiebung in Millim.		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
10	0,8	—	—	unbemerktbar.			unbemerktbar.		
20	2,3	—	—						
25	—	1,5	—						
30	2,5	—	—						
35	—	—	1,5	unbemerktbar.			unbemerktbar.		
40	3,0	2,3	—						
50	6,0	3,0	3,0						
60	—	6,0	4,5						
65	24,0	12,0	—	—	—	—	—	—	—
70	54,0	24,0	48,0	1,2	—	—	—	—	—
75	—	60,0	60,0	—	—	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—	0,8	—	—	—
90	—	—	—	—	1,2	—	—	—	—
100	—	—	—	2,3	1,5	1,5	—	—	—
120	—	—	—	2,5	2,3	2,3	0,8	1,2	0,8
130	—	—	—	8,0	3,3	3,0	—	—	1,3
135	—	—	—	—	—	—	1,5	1,5	—

Diese Tabelle bestätigt ganz natürlich, unter Rücksichtnahme auf die weiten Spielräume, welche Zahlenverhältnissen gewährt werden müssen, die Einwirkungen auf den Erdboden, der niemals gleichförmig in seiner Beschaffenheit ist, ausdrücken, den oben gefundenen Grundsatz.

X. Versuchsreihe.

Diese Parallelversuche wurden mit Gleisen angestellt, Fortsetzung.
die, wie jene bei den Versuchen VII, in grobem, festem Granitgrus, ungemein fest lagen. Alle übrigen Verhältnisse waren die früheren. Die Gleise wurden zunächst unbelastet, dann aber mit einem offenen, beladenen Güterwagen von 210 Centner Bruttogewicht belastet, verschoben.

Die Presse griff in der Mitte zwischen den beiden Punkten, wo die Räder das Gleis berührten, dasselbe an.

Druck in Centnern.	Unbelastet.			Lowry 210 Centner.		
	Verschiebung in Millim.			Verschiebung in Millim.		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
10	0,8	1,5	0,8	—	—	—
20	2,3	3,0	1,5	—	—	—
30	3,8	4,5	3,0	—	—	—
40	4,5	6,0	6,0	—	0,8	0,8
50	5,3	12,0	9,0	—	1,5	—
60	18,0	18,0	18,0	—	4,5	1,5
65	60,0	48,0	30,0	—	—	—
70	—	60,0	60,0	—	—	2,3
80	—	—	—	0,8	6,0	—
90	—	—	—	1,5	—	3,0
100	—	—	—	2,3	7,5	—
110	—	—	—	4,5	—	—

Nachdem auch diese Versuchsreihe angenähert eine proportionale Wechselwirkung zwischen der Last, welche das Gleis drückt, und den Kräften erkennen lässt, die zu dieser Verschiebung gehören, lassen sich, ohne grossen Irrthum befürchten zu müssen, folgender Satz aufstellen:

Resultat der zur Beantwortung der Frage *A, d*
angestellten Versuchsreihen VIII, IX, X.

Widerstand
der Gleise
gegen seit-
liche Ver-
schiebung im
Boden pro-
portional der
Belastung
des Bodens.

Die Kraft, welche erforderlich ist, um ein Gleis in seiner Gesammtheit im Boden seitlich zu verschieben, ist proportional der Last, mit welcher das Gleis den Boden drückt.

So einfach dies Resultat erscheinen mag, so wenig ist es bisher bekannt gewesen und bei Konstruktionen zum Grunde gelegt worden.

Experimente zur Beantwortung der Frage *A, e.*

Verschie-
denheit der
Ansichten
über den
Nutzen der
Vorschlag-
pfähle (Vor-
setzsteine).

Das Maass der Wirkung, welches vor die Köpfe der Schwellen geschlagene Pfähle auf die seitliche Stabilität der Gleise üben sollen, ist von den Eisenbahn-Technikern ungemein verschieden geschätzt worden. Wir sagen absichtlich „geschätzt“, denn, trotz der vielfachen Differenzen, welche über dieses Nützlichkeitsmaass zu Tage getreten sind, hat man doch, unseres Wissens, nirgends durch Versuche der Wahrheit näher zu kommen gesucht. Wenigstens sind dergleichen Versuche, wenn sie angestellt wurden, wohl nicht genügend veröffentlicht worden.

Daher kam es denn auch, dass unter den 14 deutschen Eisenbahn-Verwaltungen, welche sich oben (pag. 74) über die Nutzbarkeit dieser Vorkehrungen aussprachen, einige Vertreter und eben so viel Verneiner derselben befanden. Im Ganzen deutet der Umstand, dass diese kostspieligen Pfähle immer sparsamer in Anwendung auf deutschen Eisenbahnen kommen, auf Abnahme des Vertrauens zu deren Nützlichkeit.

Es ist offenbar, dass auf die horizontale Verdrückbarkeit vertikal in den Boden eingeschlagener Pfähle so viele Elemente Einfluss haben, dass Versuche zu Ermittlung ihrer Widerstandsfähigkeit nur ganz allgemeine Fingerzeige geben können, in wie weit ein, dem ziemlich bedeutenden

Aufwände für diese Pfähle entsprechender Nutzen, von denselben zu erwarten ist, und auch hierbei wird die Lokalität und mancher andere Umstand von sehr modificirendem Einflusse sein.

Ein Pfahl z. B., der tief in festen Lehm Boden eingeschlagen, bei trockenem Wetter eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen seitliche Verdrückung zeigt, wird durch eine sehr geringe Kraft an seinem Kopfe, mit dem er die Schwelle seitlich stützt, um ein, diese Stützung total illusorisch machendes Maass, zu verschieben sein, wenn, bei einem eingefallenen, selbst schwachen Regen, der nicht im Stande war, das Erdreich auf einige Zoll Tiefe zu durchweichen, Wasser in der feinen Spalte hinabsickerte, die sich gerade im festesten Boden am leichtesten durch die Erschütterungen der Fahrt zwischen Pfahl und Erdreich bildet, und letzteres seitlich bis auf ziemliche Tiefe hinab anfeuchtet. Es ist dem Verfasser vorgekommen, dass in harten Lehm Boden eingerammte, starke Pfähle, die im Mittel 15 — 20 Centner Seitendruck zu einer Verschiebung von 25 Millim. bedurften, diese Verdrückung mit 5 Centnern, nach Einfall eines kaum eine Stunde währenden Regens, gestatteten.

Die Elemente, welche besonders auf die Stabilität eines Vorschlagpfahles gegen seitliche Verschiebung influiren, sind: dessen

- Durchmesser,
- Länge,
- Querschnittsform,
- Holzgattung, aus der er besteht,
- Bodengattung, in die er geschlagen ist.

Es würde einer sehr grossen, und trotzdem den Gegenstand einer vollständigen Klärung nicht zuführenden Reihe von Versuchen bedürfen, wenn man alle diese Einflüsse und ihre Kombinationen experimentativ untersuchen wollte. Man hat sich daher, bei Anstellung der nachstehenden Erörterungen, darauf beschränkt, Maximalwerthe für die

Umstände,
die Einfluss
auf die Wi-
derstands-
fähigkeit der
Vorschlag-
pfähle haben.

Widerstandsfähigkeit von Vorschlagpfählen bei den auf sächs. Staatsbahnen üblichen Dimensionen zu gewinnen und, nur gleichsam im Vorübergehen, einige anderweite Notizen über Widerstände der Pfähle unter weniger günstigen Umständen durch das Experiment gesammelt.

Art der An-
stellung der
Versuche u.
dabei be-
obachtete
Grundsätze.

Man ging dabei von dem Grundsatz aus, dass eine Verdrückbarkeit des Pfahles um 10 Millim. am Kopfe, dessen Nutzbarkeit vollständig aufhob.

Die Versuche wurden angestellt, indem man die Pfähle theils aus Rundholz von 100 Millim. Durchmesser, theils aus Docken von 100 Millim. Seitenfläche bestehend, in der Nähe eines feststehenden Objektes bis zur Erdoberfläche einrammte und dann, den Boden hinter den Pfählen unberührt lassend, die Erde zwischen Pfahl und festem Objekte so tief ausgrub, dass die Presse, mit dem die Drucke geübt und gemessen wurden, genau in der Weise auf den Kopf des Pfahles wirken musste, wie eine in der Erde liegende Schwelle, welche die Einflüsse des Verkehrs seitlich zu verschieben suchen.

Alle Experimente wurden bei trockenem, heissem Wetter angestellt.

XI. Versuchsreihe.

Leichte Ver-
schieblich-
keit d. Pfähle
bis zu 10
Millim. Ver-
drückung.

Eine Anzahl eichene Pfähle von rundem und viereckigem Querschnitte, 0,9 — 1,2 Met. lang, die theils bereits seit längerer Zeit an der Seite von Gleisen eingeschlagen, theils zum Zwecke des Experiments eingerammt worden waren, und im dichten Sande oder leichten Mischboden staken, wurden mittels der Presse verdrückt. Ein Druck von 3 — 5 Centn. genügte hier durchgehends sie, über das oben erwähnte Maass hinaus, zu verschieben; mittels einer Pressung von höchstens 7 Centn. konnte dann die Verschiebung fast beliebig weit getrieben werden.

Der Einfluss der Vorschlagpfähle für Sicherung der Gleise in diesen Bodengattungen erschien als absolut illusorisch.

XII. Versuchsreihe.

Ein Vorschlagpfahl, 0,9 Met. lang, rund, 100 Millim. Durchmesser, durch die Knackbettung alten Gleises hindurch, in vor circa 10 Jahren aufgefülltes, schweres, jedoch nicht lehmfestes Erdreich getrieben, wird verschoben.

4 Cent. Druck 5,0 Millim. Verschiebung,

6 „ „ 10,0 „ „

7 „ „ 15,0 „ „

8 „ „ 20,0 „ „

8½ „ „ 30,0 „ „

Auch Pfähle dieser Widerstandsfähigkeit sind wenig geeignet, die Stabilität des Gleises zu erhöhen.

XIII. Versuchsreihe.

Ein Vorschlagspfahl von 1,5 Met. Länge, viereckigen Querschnitts von 100 Millim. Seite, in denselben Boden getrieben, wird verdrückt

4 Cent. Druck 2,0 Millim. Verschiebung,

6 „ „ 4,0 „ „

7 „ „ 9,0 „ „

8 „ „ 12,0 „ „

10 „ „ 20,0 „ „

15 „ „ 35,0 „ „

20 „ „ 60,0 „ „

22 „ „ 80,0 „ „

Die Länge und Form des Pfahls zeigt sich hier als entschieden Einfluss auf dessen Stabilität äussernd.

Bei beiden Versuchsreihen spaltete sich, bei den stärkern Verschiebungen der Pfähle, der Boden hinter denselben in radial von ihnen ausgehenden Rissen und hob sich zwischen diesen wesentlich empor. Wenn die Risse gewisse Dimensionen angenommen hatten, wuchs die zu weiterer Verdrückung des Pfahls erforderliche Kraft nicht

mehr merklich, indem das zu fortschreitender Durchscheidung des Bodens mit dem Pfahle erforderliche Maass derselben erreicht war.

XIV. Versuchsreihe.

Ein Vorschlagpfahl von 0,8 Met. Länge, rund 100 Millim. im Durchmesser, in festen, vor mehreren Jahren aufgefüllten Lehm Boden frisch eingeschlagen, wird verdrückt.

6½ Cent. Druck		5,0 Millim. Verschiebung,	
8	„ „	7,0	„ „
10	„ „	20,0	„ „
15	„ „	25,0	„ „

Gleich bei Beginn des Experiments, bei circa 8½ Cent. Druck, zeigten sich zwei grosse Spalten im Boden, die unter einem Winkel von circa 100° vom Pfahle ausgingen. Der dazwischen liegende Boden hob sich in drei bis vier Stücken empor. Die Widerstandsfähigkeit des Pfahles war ganz aufgehoben, doch ging dieselbe nach Aufhören des Druckes auf 12 Millim. zurück und das Bodenstück fügte sich in seine frühere Lage ein. Ein Regenguss würde jede Spur der Verdrückung des Pfahles auf der Oberfläche verwischt haben, ohne demselben seine Stabilität wieder zu geben.

XV. Versuchsreihe.

Ein Vorschlagpfahl, 0,9 Met. lang, 100 Millim. Seitenfläche. Der Boden, in dem der Pfahl schon seit Jahr und Tag an einem unbenutzten Gleise eingeschlagen befindlich war, ist ganz ungewöhnlich harter, gewachsener Lehm Boden.

5 Cent. Druck		1,0 Millim. Verschiebung,	
6½	„ „	4,0	„ „
10	„ „	20,0	„ „
15	„ „	30,0	„ „

Die oben beschriebene Erscheinung wiederholt sich hier fast genau in derselben Form, nur zertheilt sich der gehobene Boden noch weniger als dort. Nach Aufhören des Druckes geht der Pfahl auf 12 Millim. zurück und die Bodenstücke ordnen sich wieder ziemlich genau.

XVI. Versuchsreihe.

Ein Vorschlagpfahl, 1,5 Met. lang, 100 Millim. Durchmesser; der Boden ist der feste Lehm Boden der Versuchsreihe XV.

5 Cent. Druck	1,0 Millim. Verschiebung,
10 „ „	3,0 „ „
15 „ „	8,0 „ „
20 „ „	22,0 „ „
30 „ „	45,0 „ „
35 „ „	80,0 „ „
40 „ „	122,0 „ „

Hierbei bricht der Pfahl 400 Millim. unter der Oberfläche. Die Erscheinungen, wie bei Versuchsreihe XIV und XV haben sich, bis auf das Zurückgehen, welches hier nicht beobachtet werden konnte, fast genau wiederholt.

Resultate der Versuche zur Beantwortung der Frage A, e.

1. Der Widerstand der in Sand- oder andern leichten Boden geschlagenen Vorschlagpfähle gegen seitliche Verdrückung ist so gering, dass sie in keiner Weise zur Vermehrung der Stabilität der Gleise beizutragen geeignet sind. Widerstand der Vorschlagpfähle in leichtem Boden sehr gering.
2. Der Widerstand in schweren, festen Boden geschlagener Pfähle ist um das Mehrfache grösser als der der erstern, jedoch müssen auch diese ziemlich dicht stehend angewandt werden, wenn In schwerem Boden wesentlich grösser.

- | | |
|--|--|
| <p>Wächst in anderm Verhältniss als die Länge der Pfähle.</p> | <p>sie auch geringen Verschiebungen der Gleise entsprechenden Widerstand leisten sollen.</p> |
| <p>Die Anzeigen der Verdrückung verschwinden unter gewissen Verhältnissen.</p> | <p>3. Die Widerstandsfähigkeit der Pfähle wächst mit ihrer Länge, jedoch schneller als diese, besonders innerhalb der geringern Verschiebungen. Vorschlagpfähle von einiger, den Kosten der Vorkehrung entsprechenden Wirksamkeit, sollte nicht unter 5 Fuss Länge haben.</p> <p>4. Unter Verhältnissen verschwinden die Anzeigen vorhanden gewesener, selbst sehr starken Verdrückungen der Vorschlagpfähle wieder nach Aufhören von deren Ursachen, ohne dass die Pfähle ihre Stabilität zurückerhalten.</p> |

IV. Stabilität des Gleises gegen Verdrückung der Schienen auf den Schwellen.

Verhalten der Schienen in Bezug auf ihre Unterlagen. Die vierte Hauptgruppe von Fragen, die in Betreff der Stabilität der Gleise aufgeworfen werden können, und die wir pag. 127 unter *B* zusammenfassten, betrifft jene complicirten Erscheinungen, welche die Schienen in ihrem Verhalten zu ihren Unterlagen zeigen.

Kräfte, welche die Schienen in ihrer Lage halten. Man muss bei diesen Erörterungen fortwährend lebhaft im Sinne behalten, dass die Schienen auf ihrer Unterlage auf dreierlei Art fest und in ihrer Lage gehalten werden.

Zunächst durch die Haltkraft der Befestigungsmittel, mit denen sie auf den Schwellen festgeschlagen sind.

Sodann aber auch, sobald ein Fuhrwerk auf ihnen steht, oder sich über sie hinbewegt, durch stärkere Reibung, welche die vermehrte Belastung zwischen Schienenfuss und Schwelle erzeugt, an ihrer Unterfläche und endlich an ihrem Kopfe durch die Reibung zwischen Rad und Schiene, welche, durch Vermittelung der Achse, die Schienenstränge von einander abhängig macht. Das befahrene Schienengleis ist daher, im Grunde genommen, oben und unten durch be-

trächtliche Kräfte, ausser der Haltkraft seiner mechanischen Organe, in seiner Spur zusammengehalten.

Die starke, durch die Räderreibung erzeugte Solidarität der Schienenstränge unter einander, bemerkte schon Eduard Woods bei seinen Experimenten über die Spurveränderungen der Wigan Bahn im Jahre 1835.

Der Kopf der Schiene erfährt beim Darüberrollen der Fuhrwerke:

Erstens: Eine vertikale Pressung unter allen Verhältnissen. Dieselbe ist bestrebt, die Schiene in ihre Unterlage hineinzudrücken. Diesem Bestreben wird diese in gewissem Maasse nachgeben, insofern sie nicht aus einer absolut widerstandsfähigen Masse (Stein, Eisen) besteht. Die Holzschwellen werden unter der Vertikalpressung des Betriebs eine Zusammendrückung erfahren. Die hierauf bezügliche Frage wird daher mit Bezug auf pag. 127 lauten:

B, a. Welche Zusammendrückungen erleiden Schwellen verschiedener Beschaffenheit und verschiedenen Materials unter den Belastungen der Schiene durch die Eisenbahnfuhrwerke?

Zusammen-
drückung der
Schwellen.

Zweitens: Einen horizontalen, oder in einem mehr oder minder spitzen Winkel mit der Schwellenoberfläche erfolgenden Druck durch die Centrifugalkraft und die Steifigkeit der Fuhrwerke in Curven, und die Horizontal-Oscillation derselben in der Spur.

Dieser horizontale oder schräge Druck auf den Kopf der Schienen hat das Bestreben, die Lage derselben in Bezug auf die Schwellenfläche in zweierlei Beziehung zu verändern.

Einmal, indem er die Schiene, ohne ihre Neigung gegen die Horizontale zu modificiren, auf der Schwelle zu verschieben trachtet. Zu Erreichung dieses Zweckes bedarf es: der Ueberwindung der Reibung zwischen Schienenfuss und Schwellenoberfläche;

der Ueberwindung des Horizontalwiderstands der Nägel und sonstigen Befestigungsmittel;
und, wenn es nur der Verschiebung eines einzelnen Schienenstrangs gegen den andern (Spurveränderung) gilt,
der Ueberwindung der Reibung zwischen Schiene und Rad, die, durch Vermittlung der Achsen, die Schienenköpfe vereinigt.

Die hierauf bezügliche Frage würde lauten:

Kräfte, welche erforderlich sind eine Schiene auf ihrer Unterlage zu verdrücken.

B, b. Welcher Kraft bedarf es, um eine befestigte und belastete Schiene horizontal auf den Schwellen zu verschieben?

Drittens trachtet aber auch der horizontale und schräge Stoss der Fuhrwerke gegen den Schienenkopf, die Schiene um einen, je nach der Zusammendrückbarkeit des Materials der Schwelle mehr oder weniger nahe am äussern Rande der Schiene gelegenen Punkt, umzukanten. Zu Erreichung dieses Zweckes bedarf es des Herausreissens der Befestigungsmittel an der Innenkante des Schienenfusses aus den Schwellen und, wenn damit zugleich eine Spurveränderung verknüpft ist, des Ueberwindens der Reibung zwischen Rad und Schiene.

Die Fragen würde daher hier lauten:

Kräfte, welche zum Ausziehen der Nägel gehören.

B, c. Welcher Kraft bedarf es, um den Widerstand der Nägel, mit denen die Schiene auf der Schwelle befestigt ist, gegen das Ausreissen aus dem Holze zu überwinden?

Kräfte, welche zur Ueberwindung sämtlicher Haltekkräfte der Gleise gehören.

B, d. Welcher Kraft bedarf es, um die vereinigten Widerstände des Haltes der Nägel und der Reibung der Räder auf den Schienen zu überwinden?

Vorkommen der Fragefälle.

Der Fall, auf den sich die Frage *B, a* bezieht, kann, in Unvermischtheit mit andern Tendenzen, eigentlich nur bei Schienen eintreten, deren Fussbreite grösser als ihre Höhe ist (Stuhlschienen, wenn der Stuhl, wie hier thunlich, mit zur Schiene gerechnet wird), jedoch ist er als bedeut-

sames Element bei Untersuchung der Gesamtstabilität der Gleise mit in Betracht zu ziehen.

Der Fall, welcher durch die Frage *b* betroffen wird, tritt dann ein, wenn ein durch Vertikalschwingung eines sechsrädrigen Fuhrwerkes mehr oder weniger entlastetes Rad seitwärts mit dem Spurkranze gegen den Schienenkopf drückt.

Die Frage *c* deckt die grösste Anzahl der betreffenden Vorkommnisse bei permanenten und momentanen Spurerweiterungen und Schienenverdrückungen auf der Schwelle.

Der Versuch, zur Beantwortung dieser Fragen beizusteuern, wurde durch nachstehende Anzahl Experimentreihen gemacht.

Experimente zur Beantwortung der Frage *B, a.*

Es schien erforderlich, diese Versuche in zwei gänzlich von einander gesonderten Gruppen anzustellen, von denen die erste lediglich die Ermittlung des Maasses der Eindrückung zum Zwecke hatte, welches die Schwellen bei verschiedener, aber ruhender Belastung der Gleise durch den Schienenfuss erfahren.

Zusammen-
drückung der
Schwellen
durch
ruhende Be-
lastung.

Schwellen verschiedenen Materials, Alters und Grades der Benutzung waren hierbei in Betracht zu ziehen und das Maass ihrer Elasticität zu berücksichtigen.

Diese Versuche konnten unter der Hebelpresse angestellt werden.

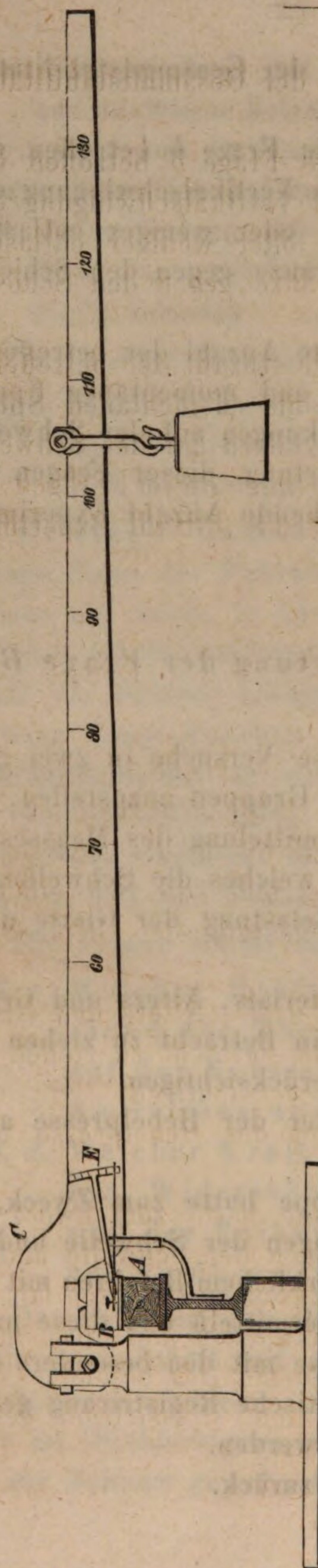
Die andere Experimentgruppe hatte zum Zweck, die Maasse dieser Zusammendrückungen der Schwelle und die Eindrückungen in dieselbe bei wirklichem Befahren mit verschiedenen Geschwindigkeiten zu ermitteln und diese mussten natürlich am wirklichen Gleise mit den besonders dazu konstruirten, zuverlässige automatische Registrirung gebenden Instrumenten, vorgenommen werden.

Zusammen-
drückung der
Schwellen
durch be-
wegte Bela-
stung.

Wir kommen später hierauf zurück.

Verfahren
bei den Ex-
perimenten.

Fig. 11.



Die Manipulation bei den Versuchen zu Ermittlung der Einpressung des Schienenfusses in die Schwellen durch ruhende Belastung war folgende: Holzstücken von 0,9 Met. Länge wurden, sehr sauber parallel von der mittleren Stärke und Breite der Schwellen des sächsischen Oberbaues, theils aus neuem Holze, theils aus schon gebrauchten Schwellen verschiedenen Alters und verschiedenen Benutzungsgrades gearbeitet und unter eine starke, solid und genau konstruirte Hebelvorrichtung gebracht, mit der sich Pressungen bis zu 200 Centnern ausüben liessen.

Auf die Basis dieser Vorrichtung wurde zunächst ein dünnes Tuchstück zur Ausgleichung der noch bleibenden Unebenheiten des Holzes gelegt und auf dieses das Schwellenstück aufgebracht. Genau so wie die Schiene auf der Schwelle liegt, wurde auf das Schwellenstück ein Schienenabschnitt gelegt, dessen Länge etwas grösser als die Breite des Schwellenstückes war. Auf den Kopf dieses Schienenstückes erfolgten dann die Pressungen der Hebelvorrichtung.

Die Zusammendrückungen des Holzes wurden am Niedergehen des Schienenstückes mittels eines Fühlhebels gemessen, der 0,25 Millimeter noch gut erkennen liess, und die Anordnung des ganzen Apparates war dabei die durch **Fig. 11, 12** und **13** dargestellte, bei denen

- A* das Schwellenstück,
- B* den aufgebrauchten Schienenabschnitt,
- C* den Druckhebel,
- E* den Fühlhebel

darstellt.

Ein Hauptzweck der unter der Hebelvorrichtung mit ruhender Belastung anzustellenden Versuche war, einiges Licht über die Veränderungen zu gewinnen, welche die Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Zu-

Veränderungen des Holzes bei der Benutzung.

Fig. 12.

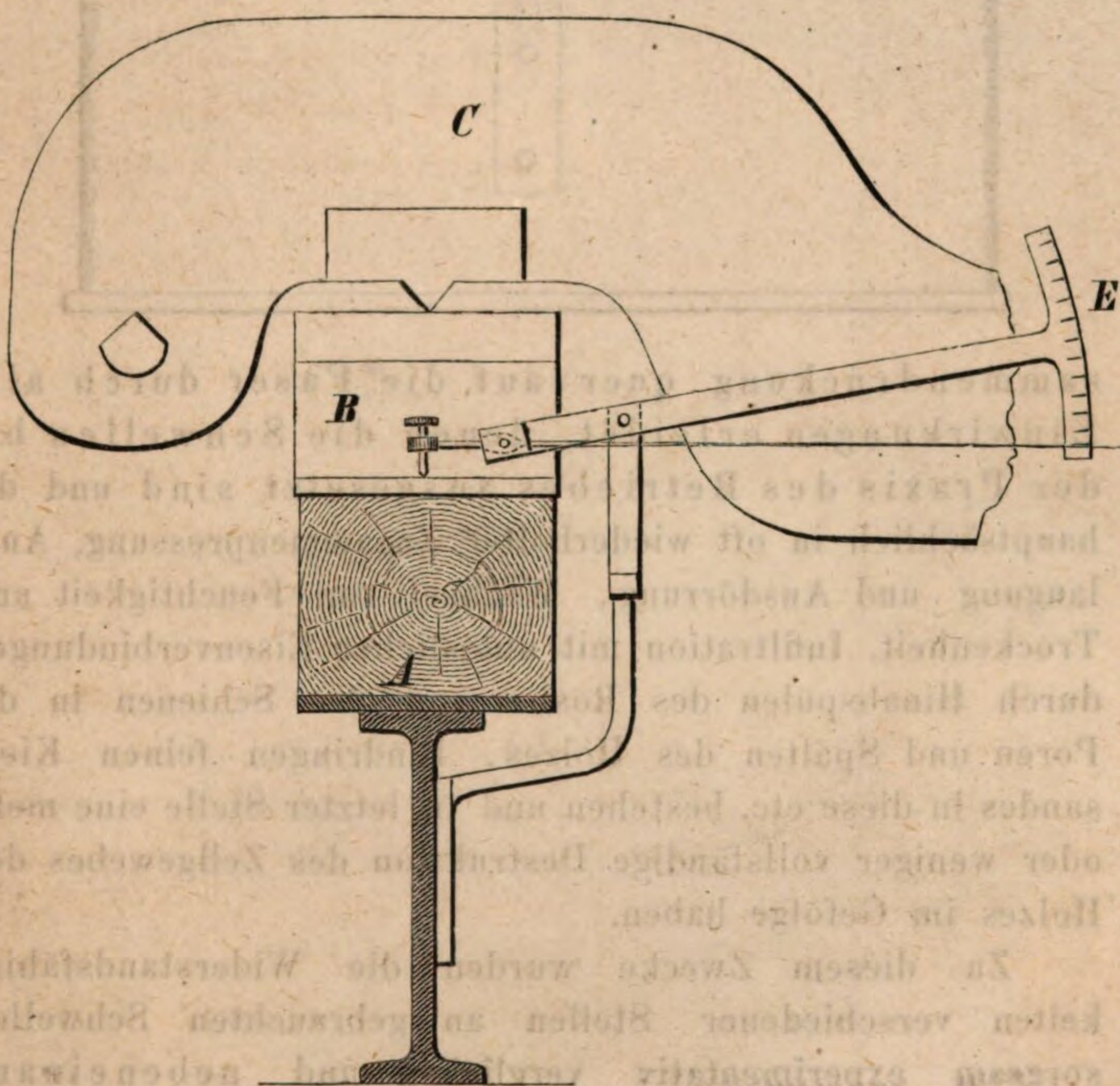
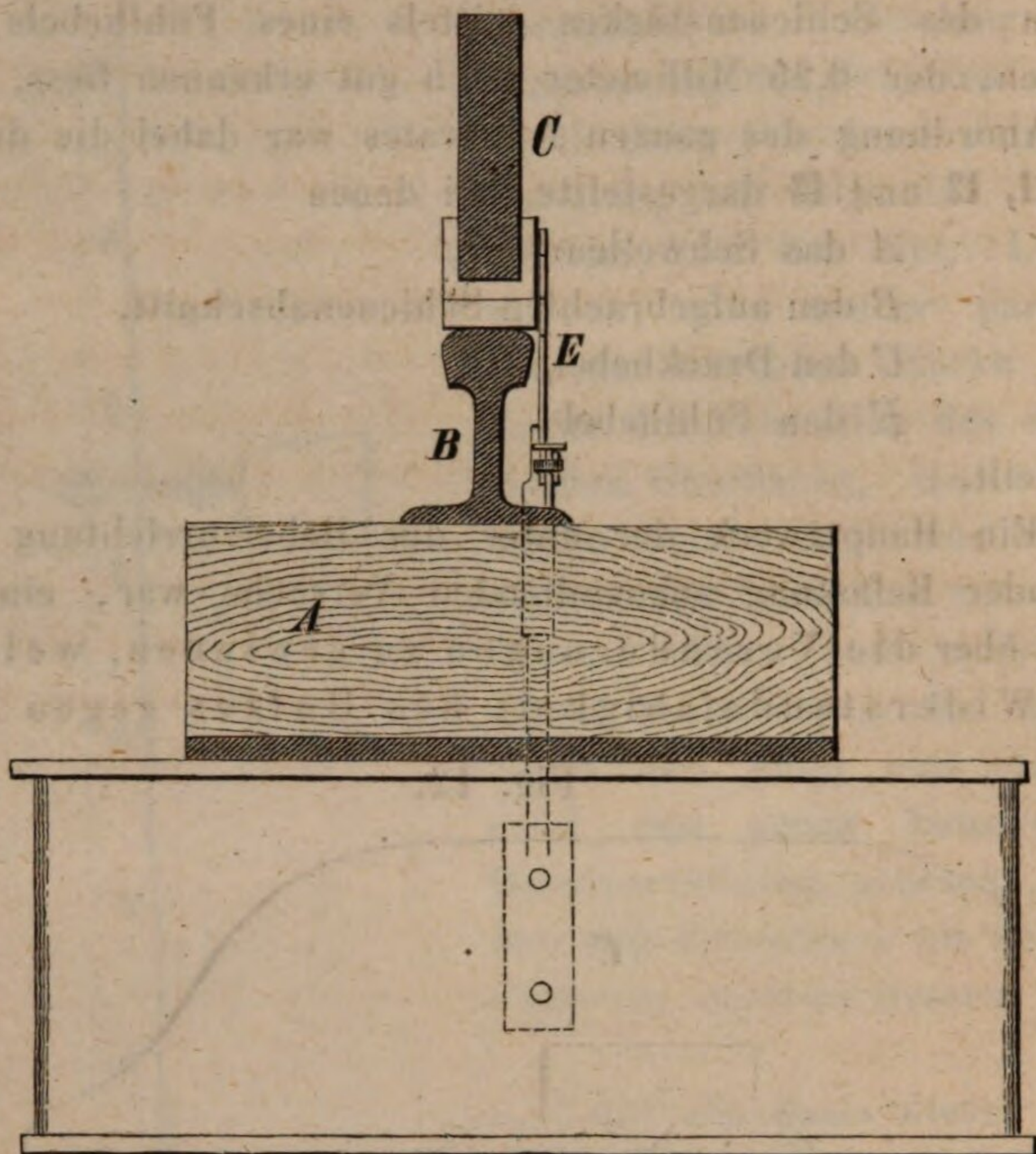


Fig. 13.



sammendrücke quer auf dieⁿ Faser durch alle Einwirkungen erleidet, denen die Schwellen bei der Praxis des Betriebes ausgesetzt sind und die hauptsächlich in oft wiederholter Zusammenpressung, Auslaugung und Ausdörrung, Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit, Infiltration mit unlöslichen Eisenverbindungen durch Hinabspülen des Rostes von den Schienen in die Poren und Spalten des Holzes, Eindringen feinen Kiesandes in diese etc. bestehen und in letzter Stelle eine mehr oder weniger vollständige Destruktion des Zellgewebes des Holzes im Gefolge haben.

Zu diesem Zwecke wurden die Widerstandsfähigkeiten verschiedener Stellen an gebrauchten Schwellen sorgsam experimentativ verglichen und nebeneinan-

der liegende, solche, auf die der Schienenfuss beim Betriebe gedrückt hatte, und solche, bei denen dies nicht der Fall gewesen war, geprüft.

Die Gleichheit des Alters des Holzes an den so untersuchten Stellen und die präsumtive Aehnlichkeit des Holzgefüges in derselben Schwelle (auf Vermeidung von Aststellen etc. wurde besondere Rücksicht genommen) liess die Gewinnung wirklich vergleichbarer Maasse erhoffen.

In dieser Weise wurden die Werthe erhalten, welche die nachstehende Tabelle giebt.

Sämmtliche Zusammendrückungen wurden durch Aufbringung der Last bewirkt, welche die Vorschriften der deutschen Eisenbahn-Techniker als Maximalbelastung eines Punktes der Bahn beim Betriebe bezeichnet haben.

XVII. Versuchsreihe.

Zusammendrückung des Holzes der Schwellen bei ruhender Belastung durch einen Druck von 130 Cent. auf Schienenfussbreite (105 Millim.) und Schwellenbreite (200 Millim.) = einem Drucke von 28 Kilogr. p. □ Centim. Holzfläche.

		Beschaffenheit der Schwellen.	Unberührte Stellen.		Alte Schienen-Auflageflächen.	
			Zusammendrückung		Zusammendrückung	
			momentan.	permanent.	momentan.	permanent.
1.	Mittel aus 5 Versuchen mit neuen ungebrauchten Kieferschwellen		3,5	1,4	—	—
2.	Schwelle vom Jahre 1866 Kieferholz, splintig, locker		5,6	0,7	9,0	1,4
3.	„ „ 1866 „ fest und dicht		4,9	0,7	5,6	—
4.	„ „ 1865 „ gut und fest		4,2	0,7	7,5	1,4
5.	„ „ 1865 „ gut und fest		5,6	—	7,7	1,4
6.	„ „ 1864 „ mittlere Beschaffenheit		5,6	0,9	6,3	1,4
7.	„ „ 1864 „ sehr dicht		3,5	0,7	9,0	4,2
8.	„ „ 1863 „ sehr dicht		4,9	—	6,0	7,2
9.	„ „ 1863 „ sehr dicht		4,9	1,4	9,0	4,2
10.	„ „ 1859 „ mittlere Beschaffenheit		6,2	2,5	14,5	4,2
11.	„ „ 1858 „ mittlere Beschaffenheit		7,1	3,3	21,0	5,6
12.	Schwelle von Eichenholz, ungebraucht, mittleres Gefüge		1,5	0,2	—	—
13.	„ „ „ circa 10 Jahr alt, mittleres Gefüge		4,2	0,7	6,3	2,1
14.	„ „ „ „ „ mittleres Gefüge		5	0,7	7,2	3,1

Die Resultate dieser 58 Versuche sind lehrreich genug in ihrer Allgemeinheit und besonders als Vergleichungsmomente, obwohl die Sicherheit der einzelnen natürlich nicht unwesentlich durch die, trotz aller angewandten Vorsicht noch ziemlich bedeutenden Verschiedenheiten in der Beschaffenheit des Holzes und die Unthunlichkeit beeinträchtigt wird, auf den passenden Flächen ganz gleiche Auflageebenen zu erhalten. Diese stellten sich immer erst vollständig bei einer nicht unwesentlichen Belastung und einer anscheinenden Zusammendrückung von circa 1 Millim. her, so dass dieses Maass von allen momentanen Zusammendrückungen abzuziehen sein dürfte.

Beeinflussung der Versuche.

Zunächst und als frappantestes und offenbarstes Resultat, zeigt die Tabelle die Deterioration des Holzes durch die Einwirkung des Schienen- und Betriebsdruckes auf die Stellen, wo die Schienen auf den Schwellen aufliegen, da sich die Zusammendrückungen derselben gegen die der unberührten Stellen bei Kieferschwellen im Mittel verhalten wie

Deterioration des Schwellenholzes durch mechanische Einflüsse des Betriebes.

9,7 bez. 2,6 zu 5,3 bez. 1,1

also annähernd doppelt so stark sind.

Bei Eichenholzschwellen sind diese Verhältnisszahlen

6,7 bez. 2,6 zu 4,6 bez. 0,7.

Ferner ist das wirkliche Maass dieser Zusammendrückungen bemerkenswerth, das sich im Mittel auf die unerwartete Grösse von 5,3 Millim. (momentan) bei neuen gesunden Kieferschwellen und auf im Mittel 9,7 Millim. bei Kieferschwellen von einem Durchschnittsalter von 5 Jahren erhebt.

Es sind dies Maasse, die, wenn sie in der Praxis bei der vollen Treibradbelastung unabgemindert durch die übertragende Steifigkeit der Schienen, wirklich auftreten und das Niedergehen der Schienen über den Schwellen um ihren Betrag bewirken würden, dem Betriebe sowohl in Bezug auf die Zugkraft als die Sicherheit grosse Schwierigkeiten bereiten müssten.

Die Erforderlichkeit und der grosse ökonomische und betriebspolizeiliche Nutzen einer möglichst steifen, die Einflüsse der Pressungen auf die Unterlagen möglichst weit vertheilenden Schienenkonstruktion, so wie der Anwendung aus sehr festem Holze hergestellter Schwellen, tritt hieraus überaus deutlich hervor.

Resultate der zur Beantwortung des ersten Theiles der Frage *B, a.* angestellten Versuche.

Maasse der Zusammen-
drückbarkeit

1. Gutes kiefernes Schwellholz drückt sich, bei einer Dicke der Schwelle von 140 Millim. und einer Auflagefläche der Schiene von 200 Millim., im Mittel um 1 Millim. bei 5,6 Kilogr. Belastung p. □Centim. zusammen, wenn es diesen Einwirkungen nicht oft ausgesetzt gewesen ist.

An Stellen, wo der Schienenfuss schon lange die Schwelle gedrückt hat, steigert sich diese Zusammendrückung bis zu 1 Millim. bei je 4 Kilogr. Belastung p. □Centim. Alles in runden Mittelzahlen.

Zusammen-
drückbarkeit
vermehrt sich
durch Ge-
brauch.

2. Die Zusammendrückbarkeit des Schwellenholzes vermehrt sich daher unter den Stellen, wo die Schienen aufliegen, durch die Einflüsse der bewegten Belastung sehr wesentlich.

Vertheilung
des Drucks
erforderlich.

3. Die Zusammendrückbarkeit des Schwellenholzes, besonders des kiefernen (und noch weichern) Holzes, ist an und für sich so gross, dass die möglichst ausgedehnte Vertheilung der Betriebseinflüsse auf die Unterlagen durch die Steifigkeit der Schienen erforderlich ist.

Vermehrung
d. Schwellen
verwerflich.

Widerstands-
fähigkeit wei-
cher Hölzer
nicht ausrei-
chend, seit-
liche Ein-
drückungen
zu hindern.

4. Die Vermehrung der Schwellen, behufs Erhöhung der Tragbarkeit des Oberbaues ist ein unökonomisches und technisch unrichtiges Mittel zur Erreichung dieses Zweckes.

5. Die Widerstandsfähigkeit des kiefernen Schwellenholzes ist nicht gross genug, um bei seitlichen

Pressungen gegen den Kopf der Schiene, nicht ein theilweises Umkanten derselben, durch Eindrücken einer Seite des Schienenfusses in die Schwellenfläche, und somit momentanè Spurerweiterungen zu gestatten, die sofort nach Aufhören der Einwirkung wieder verschwinden und sich nachträglich, weder am Zustande der Nägel, noch der Schwellen und Schienen erkennen lassen.

6. Die Zusammenpressungen, welche Kiefern- und andere sogenannte weiche Hölzer unter dem Schienenfusse erleiden, sind so gross, dass sich nothwendig das Zellengefüge des Holzes nach und nach lösen und ein Eindrücken des Schienenfusses, das einem Einschneiden ähnlich ist, in die Schwelle erfolgen muss, besonders wenn die obern Faserschichten derselben durch Auslaugen im Witterungswechsel ihre Elasticität mehr oder weniger verloren haben.

Zerstörung
des Holzge-
füges durch
Benutzung.

Wir werden später im Verlaufe dieser Untersuchungen sehen, wie vollständig die am Gleise selbst beim Befahren angestellten Versuche diese Folgerungen bestätigten.

Die zweite Gruppe von Versuchen, welche zur Kenntniss des Maasses, um welches Schwellen unter der Belastung der Schienen zusammengedrückt werden, beitragen sollten, waren am befahrenen Gleise selbst anzustellen.

Zusammen-
drückung der
Schwellen bei
bewegter Be-
lastung.

Man hatte sich hierbei zunächst vor den Täuschungen zu sichern, die das Eindrücken der Schwellen in den Boden leicht als Zusammendrückung der Schwellen erscheinen lassen müssten, wenn man das Niedergehen der Schiene allein messen wollte.

Schwierig-
keiten und
Fehler-
quellen bei
den Beob-
achtungen.

In gleicher Weise waren thunlichst die Fehler zu vermeiden, die aus dem nicht dichten Aufliegen der Schiene auf der Schwelle entstehen konnten, indem nothwendig der Niedergang der Schiene bis zum dichten Aufliegen bei der Belastung als Zusammendrückung der Schwelle erscheinen

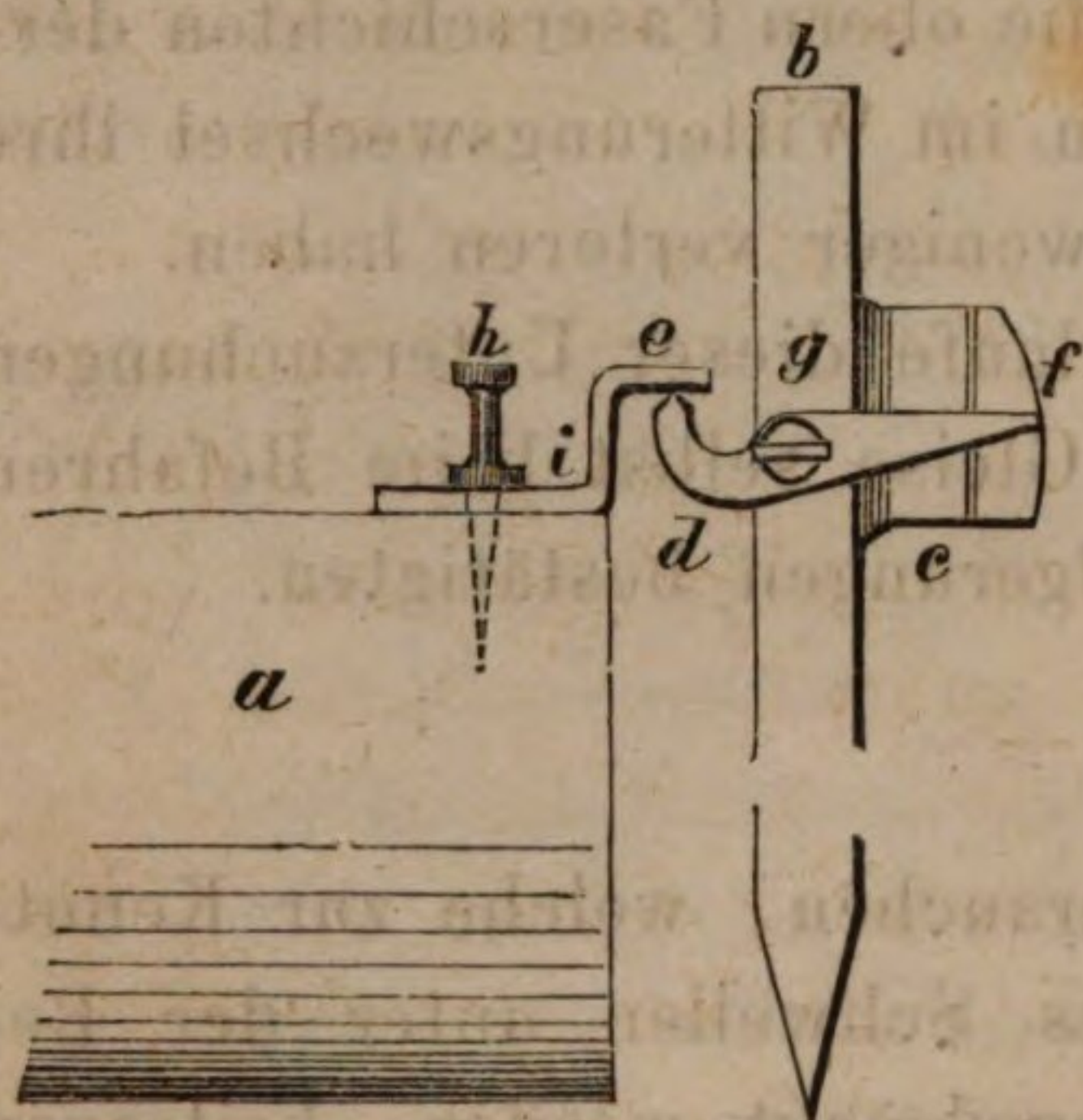
musste. Endlich hatte die Beobachtungsvorrichtung die betreffenden Maasse selbst zu fixiren, da ein direktes Ablesen der Neigungen des Deflektometerhebels, wegen der Schnelligkeit der dabei ins Spiel kommenden Bewegungen, nicht thunlich war.

Diese Fehlerquellen der Beobachtung waren nur durch die Anordnung des Beobachtungsapparates und grosse Sorgsamkeit bei Anstellung der Experimente zu vermeiden.

Beobach-
tungsapparat

Es scheint die Lösung dieser Aufgabe, in so weit sie die Konstruktion des Apparates anlangt, durch nachstehend beschriebene und durch die **Figuren 14** und **15** erläuterte Disposition desselben, gelungen zu sein.

Fig. 14.



Vor den Köpfen der Schwelle *a* (**Fig. 14**) deren Zusammendrückung gemessen werden sollte, wurde das eiserne Pfählchen *b* fest und tief eingeschlagen. Aus einem Stücke mit diesem Pfählchen war dem Gradbogen *c* hergestellt, auf dem sich, mit vieler Reibung, der kleine Hebel *d* bewegte. Von der Spitze *e* dieses Hebels bis zum Drehpunkte *g* war die Distanz der dritte Theil der

Hebellänge *df*, so dass das Niedergehen der Spitze *e* sich auf dem Gradbogen *c* doppelt vergrössert zeigte.

Auf der Oberfläche der Schwelle wurde sehr fest, mittels der Holzschraube *h*, der kleine Winkel *i* aufgeschraubt, der alle Bewegungen der Oberfläche der Schwellen mitmachen musste.

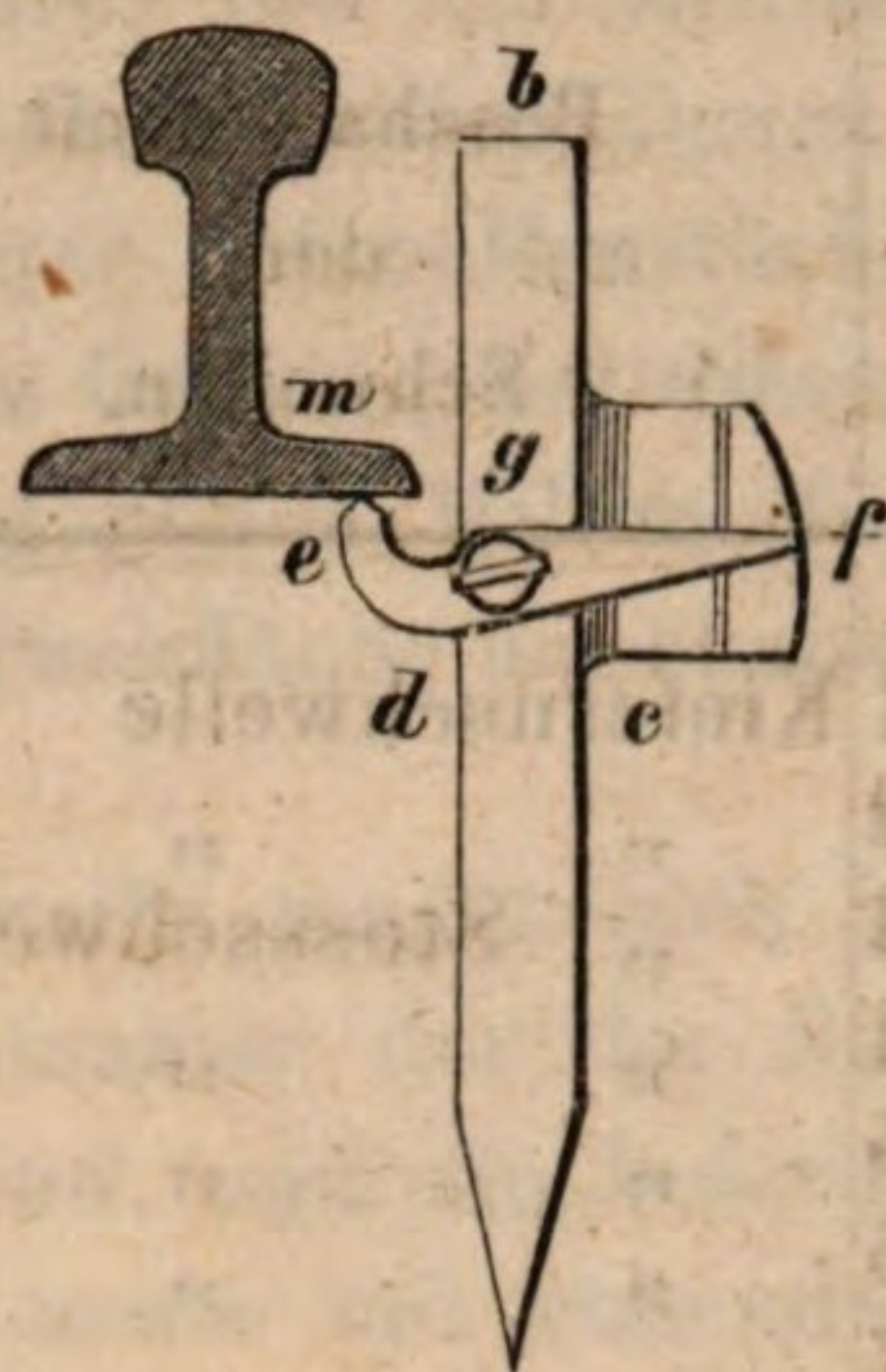
Das Maass, um welches die Oberfläche der Schwelle sich bei der Belastung überhaupt senkte, ergab sich demnach aus der Elevation des Hebels auf dem Gradbogen *c*.

Dicht neben der Schwelle, an der Schiene, wurden nun eben solche Pfählchen eingeschlagen, deren Hebel

mit ihrer Spitze *e* unten den Schienenfuss *m* berührten (Fig. 15).

Es ist nun evident, dass das Maass der Eindrückung der Schiene in die Schwelle sich aus der Differenz der Senkungen der beiden Hebel ergeben musste, und dass dabei die obigen Irrthümer vermieden waren, besonders, wenn die Hebel sich mit so viel Reibung bewegten, dass sie jedenfalls das höchste Maass der Senkung registrirten. Die Stellungen der Hebel vor und nach dem Befahren wurden durch Einreissen von Linien auf dem Gradbogen festgestellt.

Fig. 15.



Die bewegte Belastung der betreffenden Beobachtungsstellen wurde durch eine schwere Tendermaschine bewirkt, auf deren Triebrädern ein Gewicht von 240 Centnern ruhte und die mit einer, zwischen 4 und 6 Meilen p. Stunde wechselnden Geschwindigkeit, über die Beobachtungsstellen geführt wurde.

Vor Anstellung jedes Versuches versicherte man sich durch Eintreiben eines Blechs von der Breite des Schienenfusses unter denselben, von dessen solidem und dichtem Aufliegen auf den Schwellen.

Ueberdies wurden *a priori* für die Versuche Schwellen ausgewählt, deren Umgebung von ihrem Festliegen zeugte.

Die nachstehende Tabelle giebt die Resultate der betreffenden Versuche.

XVIII. Versuchsreihe.

Maasse der
Zusammen-
drückung.

Zusammendrückung der Schwellen beim Befahren.

	Beschaffenheit der Schwellen.	Alter dersel- ben in Jahren.	Breite der- selben. Millimeter.	Senkung der Schwellen. Millimeter.	Senkung der Schiene. Millimeter.	Zusammen- drückung der Schwellen. Millimeter.
1	Kiefernswelle	4	230	1,0	4,5	3,5
2	„ „	4	230	1,0	2,0	1,0
3	„ Stossschwelle	4	300	1,0	3,0	2,0
4	„ „	4	200	1,0	4,5	3,5
5	„ „	4	200	2,5	5,5	3,0
6	„ „	4	200	3,0	6,5	3,0
7	„ „	4	230	2,0	4,5	2,5
8	„ „	4	200	2,5	5,0	2,5
9	„ „	4	230	0,5	5,0	4,5
10	„ Stossschwelle	4	250	1,0	4,5	3,5
11	„ „	4	200	0,5	5,0	4,5
12	„ „	4	200	0,5	5,0	4,5
13	„ Stossschwelle	4	250	1,5	4,5	3,0
14	„ „	6	200	0,5	6,0	5,5
15	„ „	6	190	1,5	6,5	5,0
16	„ „	6	190	3,3	6,8	3,3
17	„ „	6	190	3,0	5,0	2,0
18	„ „	6	190	1,5	8,5	7,0
19	„ „	6	190	3,5	9,0	5,5
20	„ „	6	190	3,5	7,5	4,0
21	„ Kienholz	6	230	6,5	7,5	1,0
22	„ „	6	230	6,0	7,5	1,5
23	„ „	6	210	5,5	6,5	1,0
24	„ „	6	210	6,0	7,3	1,3

Diese Zusammenpressungen sind im Allgemeinen natür-
lich weniger stark als die bei der ruhenden Belastung von
130 Centn. auf einer Schwellenfläche von 220 □ Centimet.
Zieht man aber die Minderbelastung von 10 Cent. und die
Uebertragung des Druckes durch die Schiene, so gut es

geht, approximativ in Rechnung, so wie die Verschiedenheit der Auflageflächen auf den Schwellen, so ergibt sich mit überraschender Uebereinstimmung, dort wie hier, eine mittlere Zusammendrückung der Schwelle mittleren Alters und mittlerer Holzbeschaffenheit (4 — 6 Jahre) von 4,3 Millim. für die Maximalbelastung von 130 Cent. auf eine Druckfläche von ca. 220 □ Centimeter bei einer Schwellenstärke von 150 Millim., so dass man, im grossen Ganzen, bei dieser Schwellenstärke eine Zusammendrückung von 1 Millim. für je 14 Pfd. Belastung auf 1 □ Centim. Druckfläche annehmen darf.

Einheit des
Zusammen-
drückungs-
maasses.

Der Einfluss des Alters der Schwelle macht sich in obiger Tabelle ebenfalls, noch bedeutsamer der der Beschaffenheit des Holzes derselben, geltend, und sie bekräftigen im Ganzen die durch die Experimente mit ruhender Belastung gefundenen Resultate, wenn man Rücksicht auf die Complicirtheit der dabei im Spiele befindlichen Momente nimmt.

Resultate der zur Beantwortung des zweiten Theils der Frage *B, a* angestellten Versuche.

1. Die Zusammendrückung der Schwelle in sich erfolgt, wenn man die hier mit ins Spiel kommenden Einflüsse des Uebertragens der Pressung durch die Steifigkeit der Schiene etc. mit in Betracht zieht, unter dem bewegten Drucke, den das Ueberrollen der Fuhrwerke ausübt, in demselben Maasse wie unter dem ruhigen Drucke bei der Hebelbelastung. Wirkung ruhenden u. bewegten Druckes in Bezug auf Zusammendrückung der Schwellen gleich.
2. Die Eindrückung fest gestopfter Schwellen in den Boden, auf dem sie ruhen, ist, selbst unter Einwirkung sehr bedeutender bewegter Belastungen, verhältnissmässig sehr gering. Einpressung in den Boden sehr gering.
3. Die Zusammendrückung guter kieferner Schwellen mittleren Alters von 4 — 6 Jahren und von 140 Millim. beträgt unter einem Schienenfusse, der die- Zusammendrückung per Einheitsfläche.

selbe mit einer Fläche von 220 □ Centim. drückt, im Mittel 1 Millim. für jede 1500 Kilogr. Belastung der Schiene über obiger Fläche oder von 7 Kilogr. pr. Centim., an den Stellen der Schwellen, die schon oft und andauernd solchen Pressungen ausgesetzt gewesen sind.

Taxirt man hierbei die Einwirkung der Uebertragung der Last durch die Steifigkeit der Schienen, so findet sich, dass die Zusammendrückung für ruhende und bewegte Last, wie oben erwähnt, als etwa gleich angenommen werden kann.

Auch diese Resultate werden durch die Ergebnisse der weiter unten mitzutheilenden Versuche über die Gesamtbewegung der Schienen beim Befahren weiter bestätigt.

Experimente zur Beantwortung der Frage A, b.

Elemente der
Unsicherheit
der Experi-
mente.

Die Anstellung dieser Versuche war, noch mehr als die der früheren, mit Elementen der Unsicherheit verknüpft, die sich nicht ganz beseitigen liessen, wollte man nicht den Apparat zu sehr compliciren und dadurch andere Inkonvenienzen hervorrufen.

In der That liessen sie sich nicht gut anders anordnen, als indem man die verschiebende Kraft auf die Schienen möglichst in der Ebene ihrer Auflagen einwirken liess, da man, in jedem andern Falle, ein den Absichten des Experiments ganz zuwiderlaufendes Umkanten der Schiene erhalten hätte. Aber auch indem man die Druckebene der Presse genau in die der Schienenauflage fallen liess, trat, schon bei sehr geringen Verschiebungsmaassen, die Störung ein, dass die sich neigenden Nägel an der Aussenseite der Schiene sich zwischen diese und die Schwelle drängten und beide von einander losdrückten, so dass der Fuss der Schiene sehr bald nicht mehr in der Schwellenebene, sondern höher oben an den Nägeln wirkte, wo dann deren Stabilität natürlich sehr schnell abnahm.

Durch entsprechende Belastung der Schiene durfte man aber diesem Aufsteigen derselben auf die Nägel nicht entgegen wirken, da dadurch die Reibung mit ins Spiel gekommen wäre, verursacht durch die Belastung der Schiene.

Fig. 16.

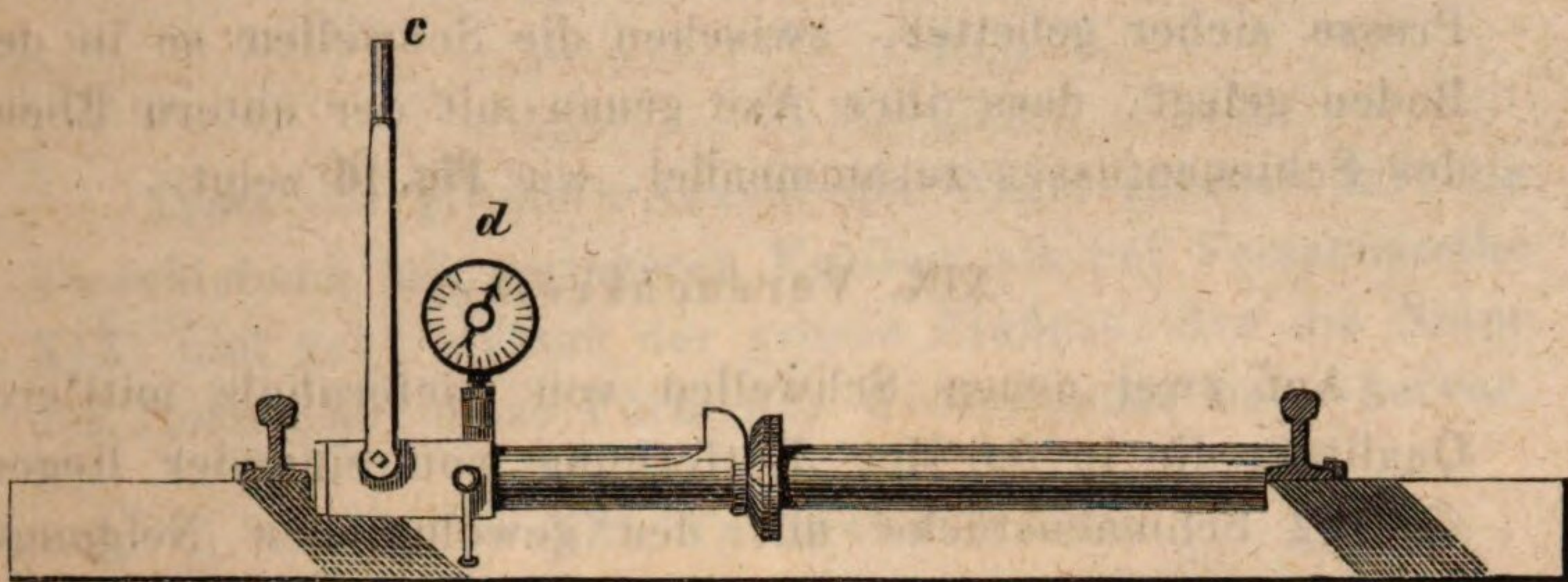
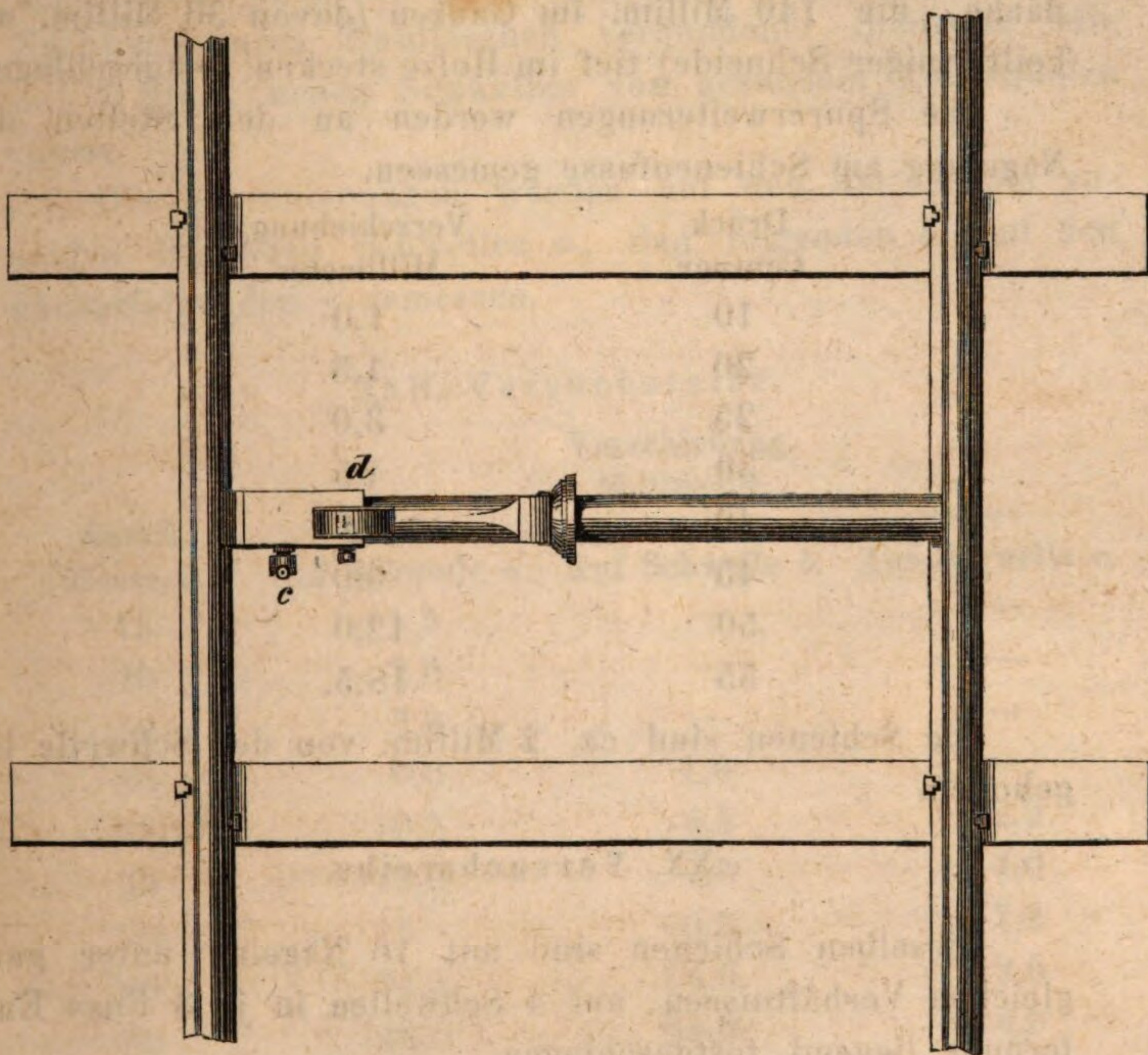


Fig. 17.



Immerhin sind doch trotz dieser Mängel der Ausführung die Versuche nicht ohne Interesse, die gleichsam die Widerstandsfähigkeit der Nägel gegen das „Abscheeren“ derselben in der Ebene der Schwellenoberfläche geben.

Zu Anstellung der Versuche wurde die obenerwähnte Presse sicher gebettet, zwischen die Schwellen so in den Boden gelegt, dass ihre Axe genau mit der untern Ebene des Schienenfusses zusammenfiel, wie **Fig. 16** zeigt.

XIX. Versuchsreihe.

Auf zwei neuen Schwellen von Kiefernholz mittlerer Qualität, die in 0,6 Met. Entfernung von einander liegen, sind 2 Schienenstücke mit der gewöhnlichen Neigungsfalzung von $\frac{1}{20}$, die nach aussen keinen Holzrand giebt, in normaler Weise mit 8 Nägeln von 12,5 Millim. Seitenfläche, die 140 Millim. im Ganzen (davon 30 Millim. mit keilförmiger Schneide) tief im Holze stecken, festgeschlagen.

Die Spurerweiterungen werden an den Stellen der Nagelung am Schienenfusse gemessen.

Druck. Centner.	Verschiebung. Millimeter.
10	1,0
20	1,5
25	3,0
30	4,5
40	5,0
45	6,0
50	12,0
55	18,5.

Die Schienen sind ca. 2 Millim. von der Schwelle losgehoben.

XX. Versuchsreihe.

Dieselben Schienen sind mit 16 Nägeln, unter ganz gleichen Verhältnissen, auf 4 Schwellen in je 3 Fuss Entfernung liegend, festgeschlagen.

Die Verschiebung wird auf den Schwellen gemessen, die der Presse am nächsten liegen.

Druck. Centner.	Verschiebung Millimeter.
10	0,5
20	4,5
40	10,5
55	25,0

Trotz der grössern Anzahl der Nägel geschah hier die Verschiebung mit geringeren Kräften als bei Versuchsreihe XIX. und geht hieraus der grosse Einfluss, den die Natur des Holzes auf diese Form des Widerstandes hat, hervor.

XXI. Versuchsreihe.

Die Winde wirkt auf die Mitte zweier vollständig und normal im Gleise festgeschlagener, 18 füssiger, mit ihren Nachbarn durch Stahllaschen verbundener Schienen, die auf 7 Stück neuen Schwellen von gesundem Kiefernholze ruhen.

Die Verschiebungen werden auf den der Winde zunächst liegenden Schwellen *a*, den folgenden *b* und den nächstfolgenden *c* gemessen.

XXII. Versuchsreihe.

Druck. Centner.	Verschiebung. Millimeter.		
	Auf Schwelle <i>a</i> .	Auf Schwelle <i>b</i> .	Auf Schwelle <i>c</i> .
15	1,5	—	—
20	2,0	—	—
30	3,0	—	—
40	6,0	1,0	—
50	10,5	4,5	2,0
60	16,0	7,0	4,0
70	25,0	10,5	7,2
80	34,5	18,0	12,0
90	48,0	25,0	14,0

Auf den ferneren Schwellen zeigten sich nur fast unmerkbare Verschiebungen.

Nach Aufhören des Druckes blieben Verschiebungen zurück von 15 Millim. auf Schwelle *a*, 8 Millim. auf Schwelle *b* und 7 Millim. auf Schwelle *c*.

Trotz ihrer verhältnissmässigen Unzulänglichkeit lassen doch die Versuche in den Reihen XIX—XXII folgende Thatsachen mit Bestimmtheit erkennen.

Resultate der Versuche zur Beantwortung der Frage *B, b*.

Widerstand der Nägel gegen Horizontaldruck sehr gering.

1. Die Widerstandsfähigkeit der Nägel, welche die Schiene auf der Schwelle festhalten, gegen seitliche Verschiebung der erstern auf letzterer, ist verhältnissmässig so gering, dass die meisten jener Einwirkungen bewegter Fuhrwerke, welche eine Veränderung der Lage der Schienen auf den Schwellen verursachen können, hinreichen, diese Widerstandsfähigkeit zu überwinden.

Zunahme der Verschieblichkeit der Nägel.

2. Die Widerstandsfähigkeit der Nägel gegen seitliche Verschiebung der Schiene nimmt bei eintretender Verschiebung schneller ab, als diese zunimmt so dass durch die betreffenden Einwirkungen des Betriebes meist grössere Verschiebungen erzeugt werden, wenn dieselben sich mehrmals wiederholen, als wenn einmal eine starke Einwirkung stattfindet.

Experimente zur Beantwortung der Frage *B, c*.

Wichtigkeit dieser Frage.

Wir gelangen mit diesen Ermittlungen zu den wichtigsten Fragen, die es im Bereiche der Oberbau-Konstruktion nächst denen giebt, welche Material und Form der Schienen und Stossverbindungen betreffen.

Mehr als 90 Proc. aller Einwirkungen des Betriebes auf die Schiene streben, entweder durch seitliche, mehr oder weniger horizontale Pressung der Spurkränze gegen den Schienenkopf, unmittelbar darauf hin, die Schiene umzukanten, oder es ist wenigstens eine Mischung dieses Bestrebens dabei.

Sehr selten findet eine ganz und ausschliesslich vertikal auf die Basis der Schienen gehende Pressung durch die Räder der stets mehr oder weniger seitlich schwankenden Fuhrwerke statt, und selbst wenn sich dann und wann eine solche gestalten wollte, wird sie durch die Elasticität der Unterlage der Schienen (Schwellen, Filze etc. auf den Steinwürfeln), die fast stets ein mehr oder weniger einseitiges Eindrücken des Schienenfusses in die Unterlage gestattet, in eine im spitzen Winkel gegen diese gehende, verwandelt.

Die Stabilität der Schiene in Bezug auf ihre Unterlage ist daher *a priori* von der Haltkraft der Vorkehrungen abhängig, die sie in ihrer normalen Lage auf dieser befestigen.

Rückwirkend steht aber hierzu die Konstruktion des Schienenprofils, das Verhältniss zwischen Höhe der Schiene und der Breite der Basis, mit der sie auf der Unterlage ruht, in Beziehung.

Dies Verhältniss ist bei der Vignoles-Schiene ein durch die Bedingungen der Fabrikation gegebenes und es ist nicht der kleinste Vorzug des Stuhlbahnsystems, dass es die Höhe der Schienen fast beliebig zu vergrössern gestattet, da der Verbreiterung der Schienenstühle nirgends ein Hinderniss im Wege steht, so dass das Verhältniss zwischen Höhe der Schiene und Breite ihrer Basis gleichbleibend erhalten werden kann.

Hierdurch aber bedingt sich das Maass des Kraftmoments, mit dem die Einwirkungen des Betriebes den Halt der Befestigungsmittel der Schienen auf ihren Unterlagen beanspruchen, fast ausschliesslich.

Form der
Einwirkungen.

Jede Schiene ist, im Profil betrachtet, bezüglich dieser Einwirkungen ein Winkelhebel.

Fig. 18 a.

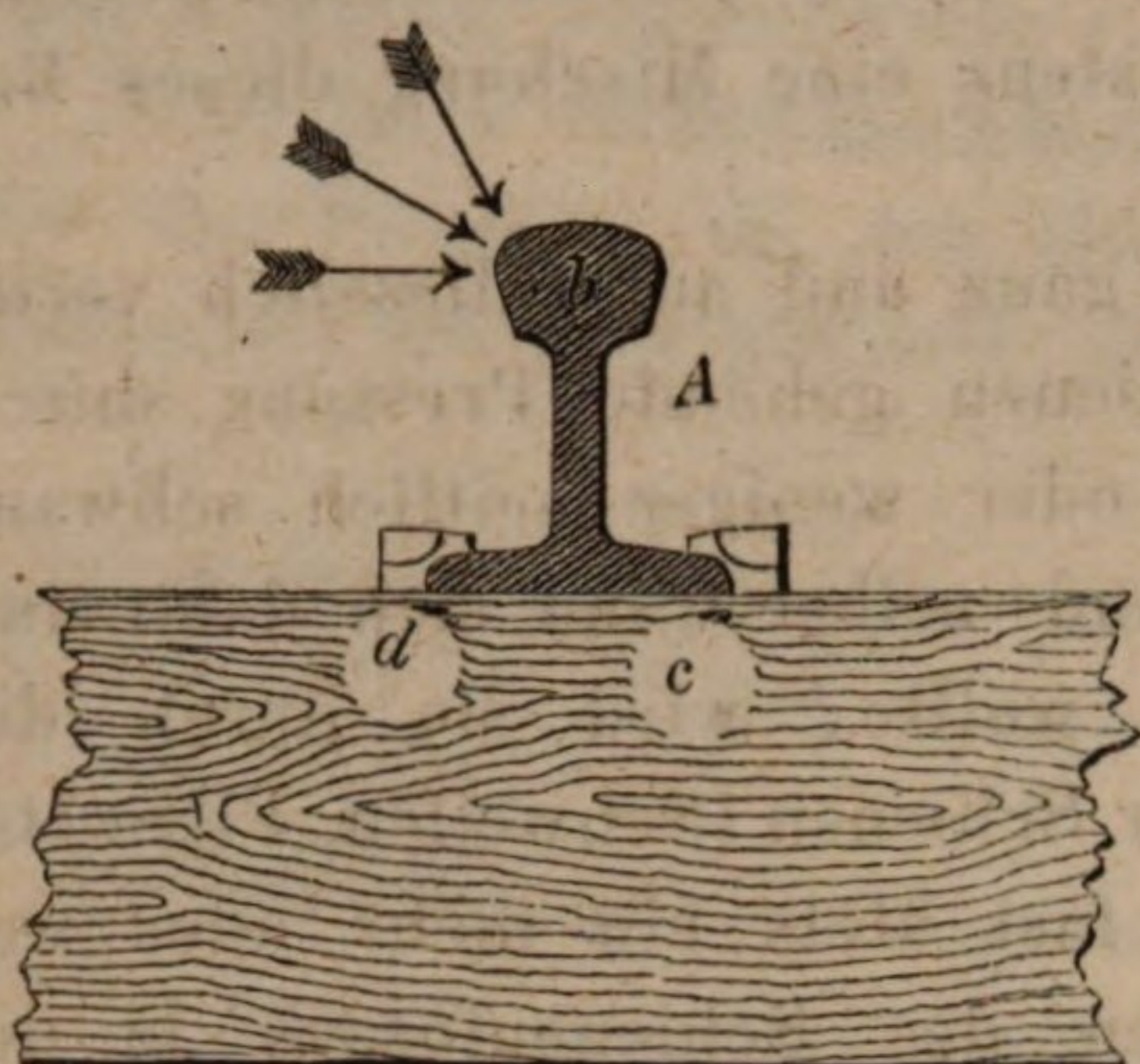
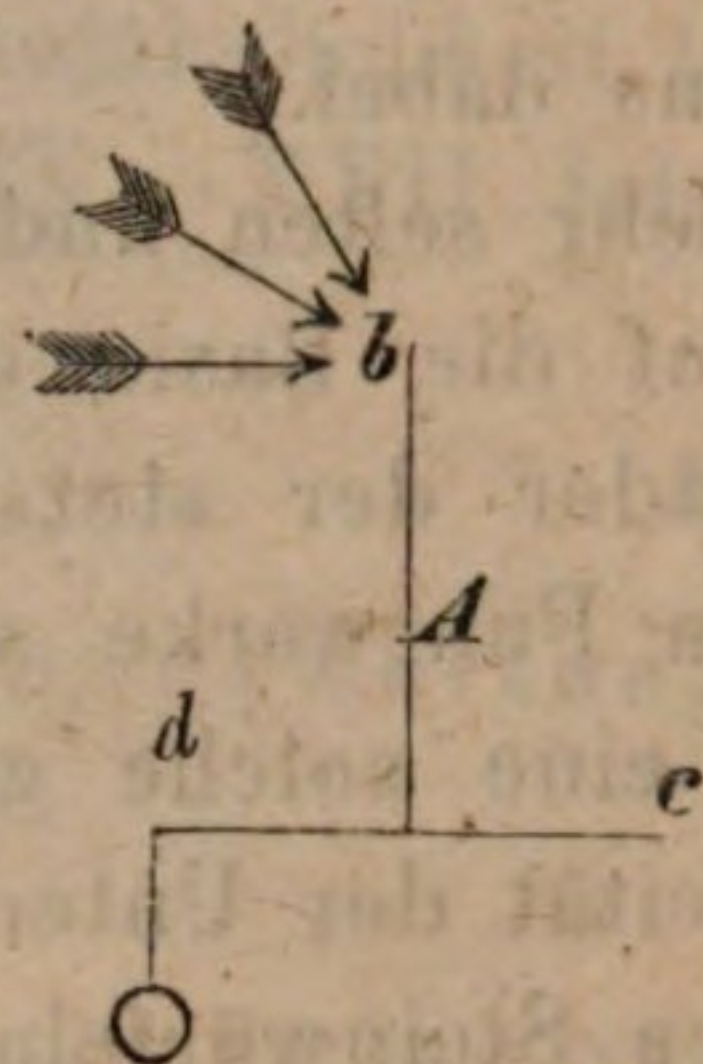


Fig. 18 b.



Hals und Kopf derselben bilden den einen Arm A desselben (Fig. 18 a und b), die Fussbreite den andern; die Kraft wirkt, in Form der Einflüsse des Betriebes horizontal, oder unter mehr oder weniger spitzen Winkeln von oben nach unten, auf den Punkt b . Diese Einwirkungen suchen die Schiene um den Punkt c umzukanten, wo daher der Stützpunkt des Winkelhebels liegt und bei d hängt die zu hebende Last, in Gestalt des Haltes der Befestigungsmittel in den Unterlagen.

Es liegt daher auf der Hand, dass mit dem Anwachsen dieses Haltes es auch thunlich wird, das Verhältniss von $d c$ zu a zu verkleinern, oder mit andern Worten, die Schiene so hoch zu machen, als es sich mit der Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Zerdrückung durch den Schienenfuss verträgt.

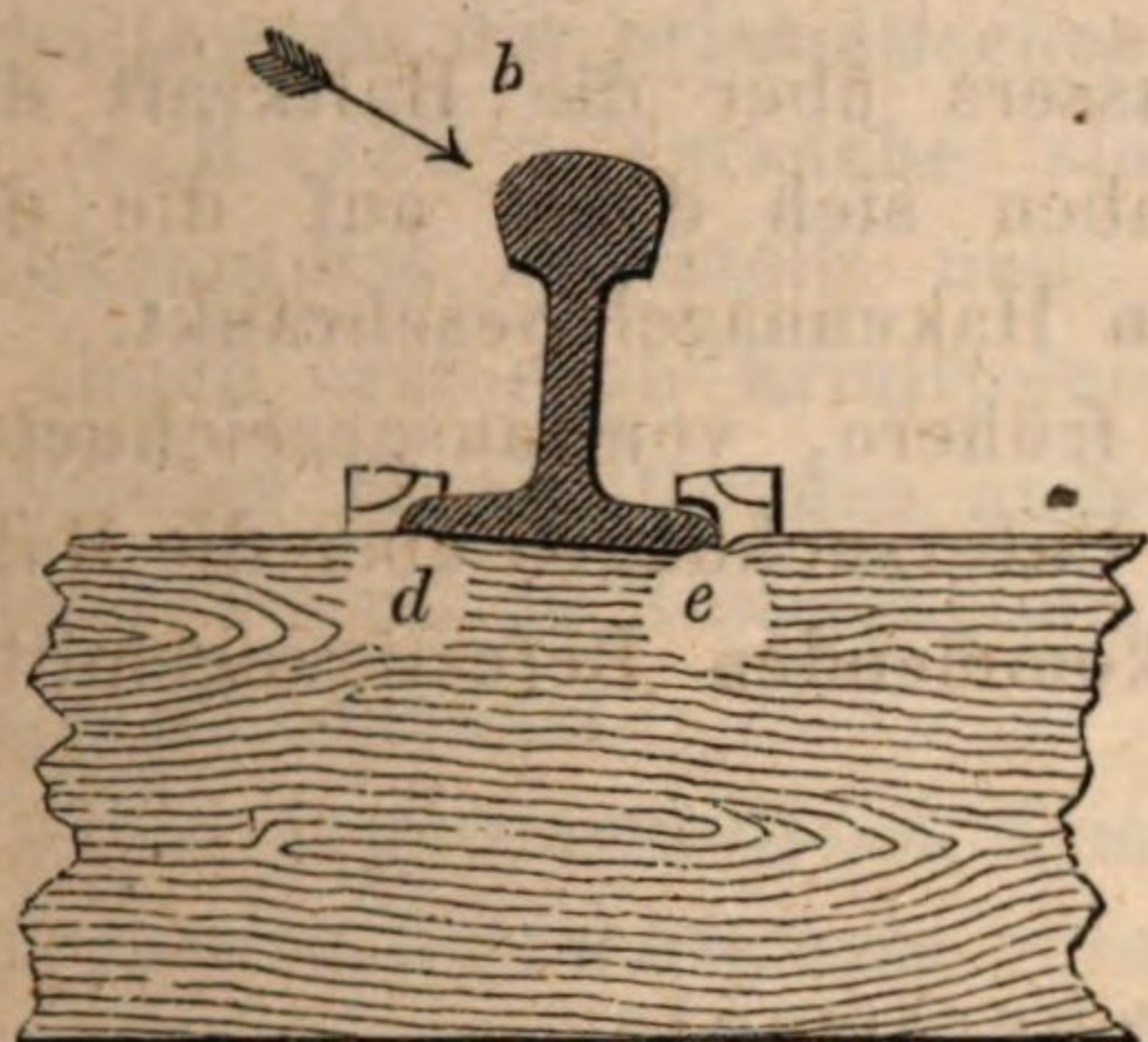
Es sieht somit der Hergang dieser Erscheinungen theoretisch sehr einfach aus, in der Praxis complicirt er sich aber durch die Zusammendrückbarkeit des Holzes unter dem Schienenfusse, die unter dem Punkte c am meisten in Anspruch genommen wird, so dass die Schiene eigentlich stets als auf einer mehr oder weniger schrägen Ebene lie-

gend betrachtet werden kann, deren Neigung das Umkanten begünstigt, aber, je nach der Belastung der Schiene und der Natur des Holzes, eine verschiedene ist.

Es findet daher, ohne dass die Befestigungsmittel bei d nachgeben, doch ein theilweises Kanten der Schienen durch Eindrücken des Randes der Schiene bei e in das Holz statt (**Fig. 19**), das sofort durch die Elasticität desselben wieder verschwindet, wenn die seitliche Pressung nachlässt.

Form der
Ver-
drückung.

Fig. 19.



Wir haben aber gesehen, welch bedeutende Zusammrückungen das Holz, besonders an den Stellen, auf denen längere Zeit Schienen gelegen haben, gestattet und die momentanen Kantungen der Schienen sind daher oft beträchtlich genug, um, unter Verhältnissen, Gefahr erzeugen zu können.

Die Kräfte, die zur Hervorbringung dieser Kantungen erforderlich sind, annähernd zu ermitteln, ist nur durch das Experiment möglich.

Weit wichtiger aber ist es, durch dasselbe einiges Licht auf diejenigen Kraftäusserungen zu werfen, die zum Ausreissen der Befestigungsmittel an der inneren Kante d des Schienenfusses gehören und dabei den Einfluss zu bestimmen, den es hat, wenn man das Eindrücken der äussern Schienenfusskanten in das Holz, durch Unterbringung von einer grössern oder kleinern Anzahl von Blechplatten auf der Schwelle, mehr oder weniger verhindert.

Es würde zu weit geführt haben, wenn man bei diesen Experimenten verschiedene Formen der Nägel oder sonstige Befestigungsmittel hätte untersuchen wollen, wozu sich, bei der grossen Anzahl der hie und da im Gebrauche

befindlichen Schienensicherungsmethoden Gelegenheit genug geboten haben würde.

Aber die Anwendung anderer als der vierseitig prismatischen Nägel mit meisselförmiger Spitze, der runden, gewundenen schraubenförmigen Nägel, der Holzschrauben und Bolzen etc. ist eine zu vereinzelte und sich immer mehr einschränkende, als dass Versuche, welche zu Ermittlung von deren Haltverhältnissen hätten dienen sollen, nicht von zu beschränktem Werthe und, im Verhältnisse zu der darauf gewandten Mühe und Zeit, nur ungenügend nutzbringend gewesen wären.

Die Versuche des Verfassers über die Haltkraft der Schienenbefestigungsmittel haben sich daher auf die der oben erwähnten prismatischen Hakennägel beschränkt.

Es sind denselben aber frühere, von ausgezeichneten Experimentatoren angestellte Untersuchungen über die Haltkraft der hier in Frage kommenden Befestigungsmittel vorausgegangen.

Frühere Experimente.

Frühere Ver-
suche.

Die ersten wirklich für den Zweck der Gleiskonstruktion benutzten Untersuchungen über die Haltkraft grosser Nägel im Holze hat im Jahre 1856 der gelehrte und geistvolle Ingenieur von Kaven (jetzt Baurath zu Hannover) angestellt.

Denselben voraus gingen interessante Ermittlungen des berühmten Direktors der polytechnischen Schule zu Hannover, Karmarsch, die sich leider nur auf die Haltkraft kleinerer, bis zur Tiefe von 2 Zoll (50 Millim.) ins Holz geschlagener, pyramidalen Nägel erstreckten.

Karmarsch hat dieselben in seiner „Technologie“ Band I., pag. 787 (2. Aufl.) mitgetheilt und ihre Resultate mögen hier, als von allgemeinem Werthe, ihren Platz finden.

Karmarsch's
Er-
mittelungen.

Karmarsch fand, dass die Haltkraft solcher pyramidalen Nägel sich in hannoverschen Pfunden ergebe, wenn

man ihre Oberfläche in hannoverschen □ Zollen mit nachstehenden Zahlen multiplicire:

	Von der Hirnseite eingeschlagen.	Im Langholz eingeschlagen.
Im Tannenholz	450	800
„ Lindenholz	450	850
„ Rothbuchenholz	870	1350
„ Weissbuchenholz	1050	1480
„ Eichenholz	1300	1800

Es wird später zu untersuchen sein, in wie weit sich die Karmarsch'sche Regel auch bei den Widerstandsverhältnissen der prismatischen Schienennägel bewahrheitet.

v. Kaven's Versuche sind mit grosser Umsicht und Sachkenntniss angestellt und der Experimentator kommt bei ihnen erst nach Ermittlungen über die Haltkraft verschiedener Nagelgattungen andern Zweckes und sehr wechselnder Form, zu Untersuchungen im Betreff der Haltkraft der Schienennägel.

Den experimentativen Ermittlungen lässt er folgende theoretische Betrachtungen vorausgehen, von denen er indess selbst sagt, dass die auf theoretischem Wege erhaltenen Resultate bei Untersuchungen dieser Art nur selten mit den Erscheinungen der Praxis übereinstimmen dürften und es daher genügen werde, für den Gebrauch der Praxis Mittelwerthe und annähernde Formeln festzustellen, wie ersteres z. B. oben von Karmarsch geschehen ist.

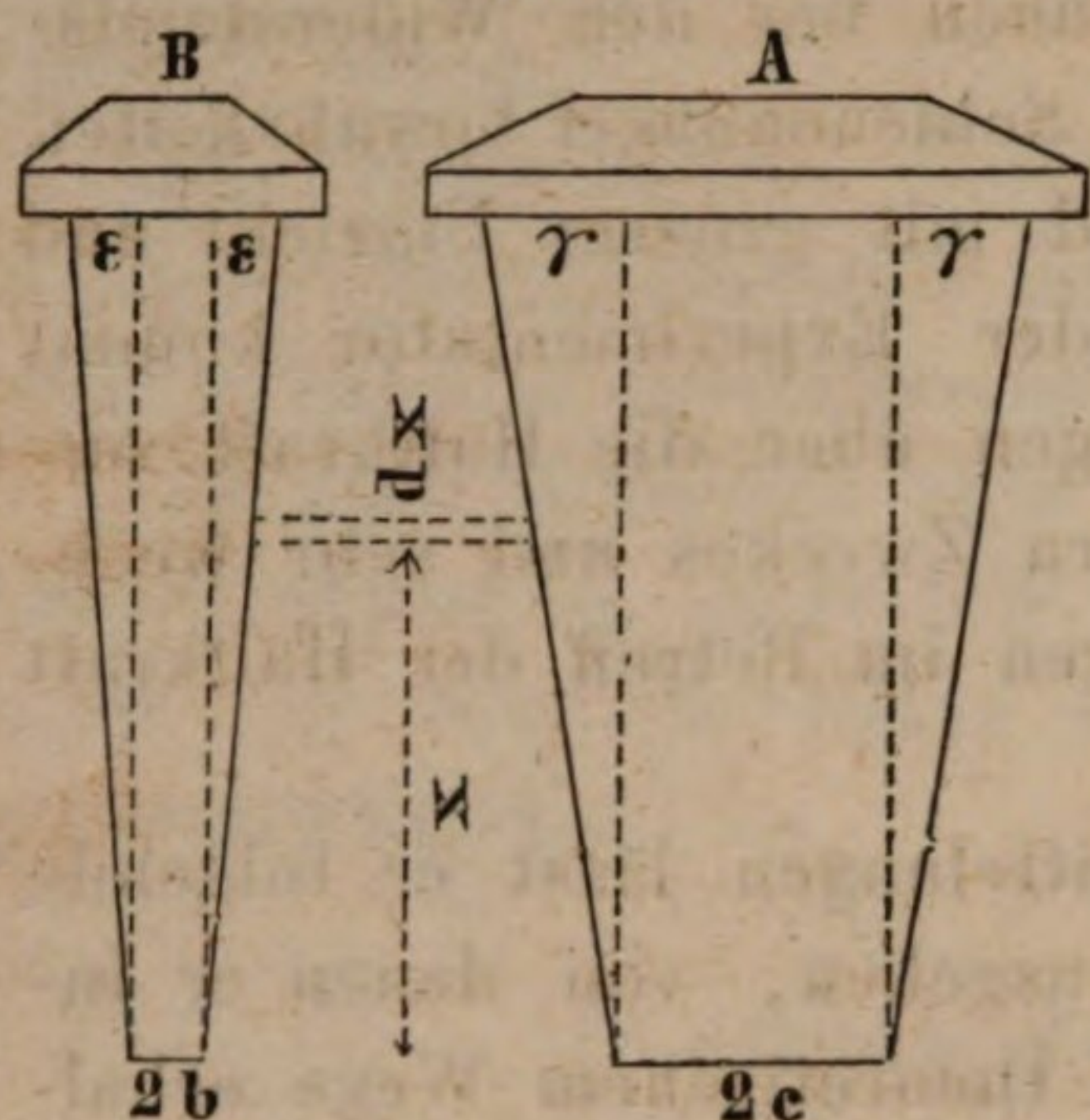
v. Kaven sagt in der Einleitung seiner Untersuchungen:
„Handelt es sich darum, einen algebraischen Ausdruck für die Haltkraft der Nägel im Holze zu bestimmen, so könnte dies etwa unter der Voraussetzung geschehen, dass die Pressung, welche die Nagelfläche durch die von einander entfernten oder zusammengedrückten Fasern erfahren, proportional der Entfernung und Zusammendrückung selbst sei. Dabei würden, wie die Versuche ergeben, bei einem in Langholz eingeschlagenen Nagel die zusammengedrückten Hirnfasern an zwei Seitenflächen in anderm Maasse wider-

v. Kaven's
Versuche
und Er-
mittelungen.

Theoretische
Er-
örterungen.

stehen, als die von einander gekeilten Längsfasern, welche die andern Flächen pressen. Ferner wird noch die Haltkraft den gepressten Flächen proportional sein. Die Stärke und Länge des Holzes muss selbstredend so vorausgesetzt werden, dass ein Aufspalten desselben und vollständige Trennung der Fasern auf grössere Längen nicht stattfände. Bei solchen Voraussetzungen würde die Haltkraft des Nagels proportional dem im Holze befindlichen kubischen Inhalte desselben sein müssen. Denn nennt man **Fig. 20**

Fig. 20.



ε und ε , die Widerstände der um die Längeneinheit nach der Quere und Länge aus einander gerückten Fasern, so würden $d\varepsilon$ und d, ε , die Widerstände bei d , und d , ausdrücken analog der gebräuchlichen Annahme bei der Festigkeitstheorie, man hat also den Druck auf ein Element der Fläche von der Höhe dx , welches um x von den Spitzen entfernt ist,

wenn γ und ε die Tangenten der Spitze jeder Seite bezeichnen, nach der Figur, wenn P und P , die gesammten Pressungen

$$dP + dP, = d\varepsilon \cdot df + d, \varepsilon, \cdot df,$$

wenn f und f , die gedrückten Flächen sind.

„Hier also auf die Fläche A

$$dP = \varepsilon (b + x\varepsilon) \cdot 2 (c + x\gamma) dx$$

und auf die Fläche B

$$dP, = \varepsilon, (c + x\gamma) \cdot 2 (b + x\varepsilon) dx$$

mithin für den gesammten Druck auf zwei schmale und zwei breite Flächen

$$4\varepsilon \int_0^I (b + x\varepsilon) (c + x\gamma) dx + 4\varepsilon, \int_0^I (c + x\gamma) (b + x\varepsilon) dx$$

$$\text{I, } \Pi = (4 \varepsilon + \varepsilon_1) \left(bcl + \frac{bc^2}{2} \gamma + \frac{cl^2}{2} \varepsilon + \frac{l^3}{3} (\varepsilon \gamma) \right).$$

Hiernach ist für genau pyramidale Nägel, welche in einer Spitze auslaufen, weil $\gamma = \varepsilon = \frac{d}{2l}$, wenn d dann dicker unter dem Kopfe und $b = c = 0$ ist

$$\text{II, } \Pi = (\varepsilon + \varepsilon_1) \cdot \frac{ld^2}{3}$$

oder der kubische Inhalt eines Nagels selbst multiplicirt mit einer Konstanten $(\varepsilon + \varepsilon_1)$. Für keilförmige Nägel, welche in einer scharfen Schneide bei gleichbleibender Breite auslaufen, hat man, weil $b = 0$

$$\text{III, } \Pi = (\varepsilon + \varepsilon_1) \left(2cl^2\varepsilon + \frac{4}{3} l^3\varepsilon\gamma \right)$$

wo wieder der zweite Theil der rechten Seite der kubische Inhalt des Nagels ist.

„Für prismatische Nägel, wo ε und $\gamma = 0$ hat man:

$$\text{IV, } \Pi = (\varepsilon + \varepsilon_1) 4bcl$$

und für quadratische Nägel, wo $b = c$

$$\text{V, } \Pi = (\varepsilon + \varepsilon_1) 4b^2l$$

und analog für runde Stifte vom Halbmesser γ

$$\text{VI, } \Pi = (\varepsilon + \varepsilon_1) 3,14 \gamma^2 l.$$

„In Wirklichkeit ist dies nicht genau so der Fall, weil bei grosser Ausdehnung der Fasern, wie sie bei grossen Nägeln vorkommt, die Kraft, mit der die Fasern sich wieder zusammenzuziehen streben, nicht mehr der Entfernung proportional bleibt. Die bleibende Lücke im Holze nach dem Ausziehen zeigt, dass die Elasticität des Holzes bei starken Nägeln überschritten war. Die Haltkraft nimmt daher in einem geringern Verhältnisse als der kubische Inhalt zu, und man würde, wenn es blos auf Widerstand gegen Zug ankäme und das Einschlagen keine Schwierigkeiten böte, zweckmässiger lange Nägel von geringerer Stärke als kurze und starke Nägel anwenden oder auch mehr kleinere Nägel einem grössern von gleichem Gewichte vorziehen.“

Komplika-
tion der Ein-
wirkungen
bei
Aushebung
d. Schienen-
nägel aus
Holz.

Bei der Wirksamkeit der Schienennägel handelt es sich aber keineswegs nur um die Widerstände gegen direktes Ausreissen in der Richtung der Längsachse des Nagels, sondern gegen eine meist gleichzeitige Einwirkung der Hebung in dieser Richtung und seitliche Verdrückung und sind daher, bei Versuchen zu Ermittlung dieser Widerstände, die Einwirkungen des Befahrens der Schienen möglichst treu nachzuahmen.

Die von Kaven'schen Versuche scheinen, ohne eine solche Tendenz, sich nur auf das direkte Ausziehen der Nägel beschränkt zu haben und sind deshalb auch nur in diesem Sinne zu benutzen, doch in demselben von grossem Werthe.

Wir geben in Nachfolgendem die tabellarische Zusammenstellung der von Kaven'schen Versuche über die Haltkraft der Schienennägel gegen das direkte Ausreissen.

Bezeichnung.	Dimen- sionen.		Haltkraft.				Länge von der Unter- kante Kopf bis Spitze.	Tiefe, worauf einges- schlagen. Zoll.	Gewicht eines Nagels. Loth.
	breit Zoll.	dick Zoll.	Kienholz.		Eichenholz				
			— Pfund.	+ Pfund.	— Pfd.	+ Pfd.			
I. Vierkantiger Stossnagel . .			4128	3448	9919	7848	8 $\frac{3}{4}$	5,83	19 $\frac{1}{4}$
unter dem Kopfe . .	0,56	0,54	*2884	*2804					
in der Mitte . .	0,54	0,51							
2 Zoll von der Spitze . .	0,48	0,40							
Spitze . .	0,40	0,40							
II. Vierkantiger Stossnagel . .			3255	3215	6165	6105	7	4,66	21 $\frac{1}{2}$
unter dem Kopfe . .	0,66	0,66							
in der Mitte . .	0,62	0,62							
2 Zoll von der Spitze . .	0,62	0,62							
Schneide, 1 $\frac{1}{2}$ Zoll lang . .	0,62	0,10							
III. Vierkantiger Mittelnagel . .			2454	2614	5475	6315	6	4,33	15 $\frac{3}{4}$
unter dem Kopfe . .	0,58	0,53							
in der Mitte . .	0,53	0,52							
2 Zoll von der Spitze . .	0,53	0,52							
Spitze . .	0,54	0,20							

Bemerkungen. Die dreikantigen gedrehten Nägel sind von der Münster-Rheinischer Bahn. Der erste Stossnagel hielt wahrscheinlich in der Richtung der Fasern deshalb mehr, weil sich seine grösste Dimension dann gegen die Hirnfasern eindrängte, da die Bezeichnung der Dimension „breit“ normal.

Bezeichnung.	Dimen- sionen.		Haltkraft.				Länge von der Unter- kante Kopf bis Spitze.	Tiefe, worauf einges- chlagen. Zoll.	Gewicht eines Nagels. Loth.
	breit Zoll.	dick Zoll.	Kienholz.		Eichenholz.				
			— Pfund.	+ Pfund.	— Pfd.	+ Pfd.			
IV. Stuhlnagel	0,64	0,64	3463	3413	6025	5925	7	4,66	24 $\frac{1}{4}$
unter dem Kopfe	0,64	0,64							
in der Mitte	0,62	0,62							
2 Zoll von der Mitte	0,62	0,62							
Schneide	0,5	0,2							
V. Dreikantiger schlichter Nagel			2548	2548	5415	5415	5 $\frac{1}{2}$	3,66	12 $\frac{7}{8}$
Seite des Dreiecks 0,64 Zoll, beim kleinen 0,60, mit $\frac{1}{2}$ Zoll langer Spitze			2988	2988	6315	6315	6	4,33	18
VI. Dreikantiger Nagel			2298	2298	4724	4724	5 $\frac{1}{2}$	3,66	12 $\frac{7}{8}$
jede Kante um 180° gedreht, Seite d. Dreiecks 0,64, beim kleinen 0,60, beim Aus- ziehen freidrehend			2835	2835	6965	6965	6	4,33	18
VII. Derselbe, gegen Drehen beim Herausziehen festgehalten			2535	2535	5625	5625	5 $\frac{1}{2}$	3,66	12 $\frac{7}{8}$
			3235	3235	7413	7413	6	4,33	18

gegen die Richtung der Nase zu verstehen ist. Die mit einem * bezeichneten Nägel waren, ohne ausgeglüht zu sein (wodurch sie wieder an Rauhigkeit gewinnen), zum zweiten Male, die mit einem ** bezeichneten zum dritten Male eingeschlagen. *in das selbe Loch.*

Es geht aus denselben hervor, dass die Haltkraft von Nägeln, der in Rede stehenden Form, auch nicht annähernd nach der von Karmarsch für pyramidale Nägel kleinen Kalibers gegebenen Regel sich berechnen lässt. Die Werthe der Haltkraft stehen in Wahrheit tief unter den nach jenen Regeln berechneten, wie z. B. der erste Nagel, der, nach Kaven's Versuchen, höchstens einer Zugkraft von 4128 Pfund im Kiefernholz widerstanden hat, nach der Karmarsch'schen Regel über 10,000 Pfd. hätte tragen müssen.

Resultate
von v.Kavens
Versuchen.

Die v. Kaven'schen Versuche lehren mit ziemlicher Bestimmtheit:

- a. dass, unter gleichen Verhältnissen, die Haltkraft der Nägel im Eichenholz fast genau die doppelte derjenigen im Kienholze sei;
- b. dass zum ersten Male eingeschlagene Nägel fester im Holze sitzen, als solche, welche schon mehrmals ausgezogen und dann wieder eingeschlagen sind;
- c. dass man, als Koëfficient für die Berechnung der Haltkraft der Nägel im Kienholz (Langfaser), ungefähr 300, im Eichenholz aber 600 pro □ Zoll (45 bez. 90 Pfd. pro □ Centim.) eingeschlagener Nagelfläche annehmen könne, wenn die Kraft gefunden werden solle, die zum Ausziehen ausreicht.

Diese Zahlen stimmen annähernd genug mit denen, welche Karmarsch („Technologie“, pag. 787) für die Haltberechnung von cylindrischen Drahtstiften angiebt, nämlich

für Tannenholz	270
„ Lindenholz	300
„ Rothbuche	580
„ Weissbuche	600
„ Eiche	580

die wieder die doppelte Haltkraft im Eichenholz gegen Kienholz nachweisen, aber die eigenthümliche Anomalie

zeigen, dass, ihnen zu Folge, die Haltkraft cylindrischer Stifte schwächer sein soll, als die der pyramidalen Nägel, für welche wir die Koëfficienten von Karmarsch weiter oben gaben. Dies widerstreitet entschieden den Wahrnehmungen der Praxis. Am Schlusse der Mittheilungen über seine Versuche sagt v. Kaven:

„Endlich ist noch hinzuzufügen, dass vollständige Versuche mit Nägeln gemacht werden müssten, die längere Zeit im Holze gesessen haben, da solche sich wahrscheinlich anders verhalten werden, wie Nägel, welche gleich nach dem Einschlagen wieder ausgezogen werden. Das Verhalten bei Erschütterungen, wie die Schienennägel solchen ausgesetzt sind, die Einflüsse des Austrocknens und Anquellens des Holzes, in welchen beiden Fällen die Nagellöcher kleiner werden, des Rostens der Nägel etc., hat bei den vorstehenden Versuchen, die anfänglich auf einen geringeren Umfang angestellt werden sollten, nicht stattfinden können.“

Oberbaurath
Funk's Ver-
suche.

Auf die v. Kaven'schen Versuche folgten kurze Zeit später andere ebenfalls auf der ehemaligen Königl. Hannoverschen Eisenbahn angestellte umfassende Erörterungen über die Haltkraft der Schienennägel, zu denen einer der hervorragendsten deutschen Eisenbahn-Techniker, der Oberbaurath Funk, Veranlassung gab und sie unmittelbar leitete.

Diese Untersuchungen sind das Bedeutendste, was in dieser Richtung technischer Erörterungen geleistet worden ist und bezogen sich nicht allein auf das direkte Ausziehen der Nägel, sondern auch auf deren seitliche Verdrückung, auf verschiedene Form der Nägel und deren Verhalten in verschieden imprägnirten und nicht imprägnirten Holzgattungen.

Der grossen Wichtigkeit dieser Untersuchungen wegen, lassen wir den von Oberbaurath Funk selbst hierüber er-

statteten Bericht nachstehend in ganzer Ausdehnung folgen und deuten im Voraus auf die Uebereinstimmung hin, welche die Funk'schen Versuche mit denen von Kaven und beziehentlich auch von Karmarsch in Betreff der Haltkraft der Nägel in Kien- und Eichenholz zeigen.

„Bei der Wichtigkeit der Haltkraft der Schienennägel für die gute Beschaffenheit und die Unterhaltungskosten der Eisenbahn-Schienengestänge sind hierüber an den Königl. Hannoverschen Eisenbahnen, auf welchen über 6 Millionen solcher Nägel zu einem Anschaffungspreise von etwa 200,000 Thalern verwendet wurden, wiederholt umfassende Versuche angestellt, und dürfte über diese, wenn auch einfache und einer grossen Ausbildung nicht fähige Angelegenheit, eine kurze Mittheilung nicht ganz uninteressant sein.

„Die Haltkraft der Schienennägel hängt bekanntlich im Wesentlichen ab:

- 1) von der Holzart und der Beschaffenheit der Schwellen,
- 2) von der Form und den Dimensionen der Nägel,
- 3) von der Art des Einschlagens.

I. Holzart und Beschaffenheit der Schwellen.

„Auf den Hannoverschen, wie auf den meisten deutschen Eisenbahnen sind vorzugsweise Schwellen von Eichenholz (*Quercus robur* und *Q. pedunculata*) und Kiefernholz (*Pinus sylvestris*), weniger solche von Fichtenholz (*Pinus abies* L.) und Buchenholz (*Fagus sylvatica*) angewendet; die Versuche haben sich daher vorzugsweise auf die beiden ersteren Holzarten bezogen, und sind die beiden letzten nur gelegentlich zur Vergleichung gekommen. Wie das nach den an gewöhnlichen Nägeln gemachten Wahrnehmungen und Versuchen nicht anders zu erwarten war*), hat sich auch für die Haltkraft der Schie-

*) Vergleiche Karmarsch, Grundriss der mechanischen Technologie, Band I. 2. Auflage. S. 787.

nennnägel die Holzart von einem sehr entschiedenen Einflusse gezeigt. Sowohl in Beziehung auf das Lockern und Ausziehen der Nägel in der Richtung ihrer Länge, wie in Beziehung auf den Druck von der Seite nimmt das Eichenholz die erste Stelle ein, dann folgt das Buchenholz, und stehen das Kiefern- und Fichtenholz jenen Holzarten erheblich nach, sind untereinander jedoch fast gleich, weshalb in den folgenden Mittheilungen beide unter dem Namen Tannenholz zusammengefasst werden sollen.

„Als Haltkraft gegen das Ausziehen in der Längenrichtung der Nägel haben sich aus einer grossen Zahl von Versuchen die folgenden Mittelzahlen ergeben:

- A. Nägel von prismatischer Form, $\frac{1}{2}$ Quadratzoll stark, $4\frac{1}{2}$ Zoll tief ins Holz eingetrieben, 0,46 Pfund schwer,
 - in Tannenholz = 2986 Pfund,
 - in Eichenholz = 6038 Pfund,
- B. Nägel derselben Art, 5 Zoll tief eingetrieben,
 - in Tannenholz = 3268 Pfund,
 - in Eichenholz = 7221 Pfund.
- C. Nägel derselben Form, $\frac{9}{16}$ Quadratzoll stark, 6 Zoll tief ins Holz eingetrieben, 0,66 Pfd. schwer,
 - in Tannenholz = 4873 Pfund,
 - in Eichenholz = 9084 Pfund.

„Es verhält sich mithin die Haltkraft der Schiennennägel gegen das Ausziehen nach den vorstehenden Versuchen bei Tannenholz gegen Eichenholz wie 1:2,02, 1:2,21 und 1:1,86, mithin im ganzen Durchschnitt nahe wie 1:2.

„Die Versuche über die Haltkraft der Nägel gegen Druck von der Seite haben für Tannenholz im Vergleich zu Eichenholz ein so ungünstiges Resultat nicht ergeben. Das Verhältniss dieser Haltkraft stellt sich bis zum Seitwärtsbiegen von 1 Zoll, welches Maass beim Eisenbahn-Oberbau von besonderer Wichtigkeit ist, bei Tannenholz ge-

gen Eichenholz wie 1 : 1,2, dagegen in Beziehung auf das gänzliche Ausziehen durch Seitendruck wie 1 : 1,6.

„Eine fernere nicht unwichtige Frage ist es, ob das Imprägniren der Schwellen mit einer Flüssigkeit behufs Verlängerung ihrer Dauer auf die Haltkraft der Nägel einen Einfluss äussert. Es konnten hier nur Versuche mit durch Zinkchlorid getränkten Schwellen angestellt werden, welche Präparir-Flüssigkeit auf den Hannoverschen Bahnen seit 12 Jahren zur Anwendung gebracht wird, und verhielt sich die Haltkraft der Nägel gegen Ausziehen nach 75 Versuchen mit Tannenschwellen bei präparirten gegen unpräparirte im Mittel* wie 1 : 1,06, dagegen nach 54 Versuchen mit Eichenschwellen wie 1 : 1,01, und zeigten dabei frisch präparirte gegen alt präparirte Schwellen einen Unterschied nicht. Hiermit stimmt die allgemeine Erfahrung bei der Unterhaltung des Oberbaues überein, die Nägel der mit imprägnirten Schwellen hergestellten Schienengestänge zeigen ein Lockerwerden in keinem höhern Maasse, wie bei dem Oberbau mit unpräparirten Schwellen. Durch das Imprägniren der Schwellen ist im Gegentheil eine längere Dauer der Nägel zu erwarten, da der Hauptabgang an Nägeln dann stattfindet, wenn Schwellen und Schienen ausgewechselt werden und die Nägel ausgezogen werden müssen. Daneben hat eine 12jährige Erfahrung gezeigt, dass die Nägel durch das ins Holz eingepresste Zinkchlorid nicht angegriffen werden und also auch hieraus eine kürzere Dauer der Nägel nicht hervorgehen wird.

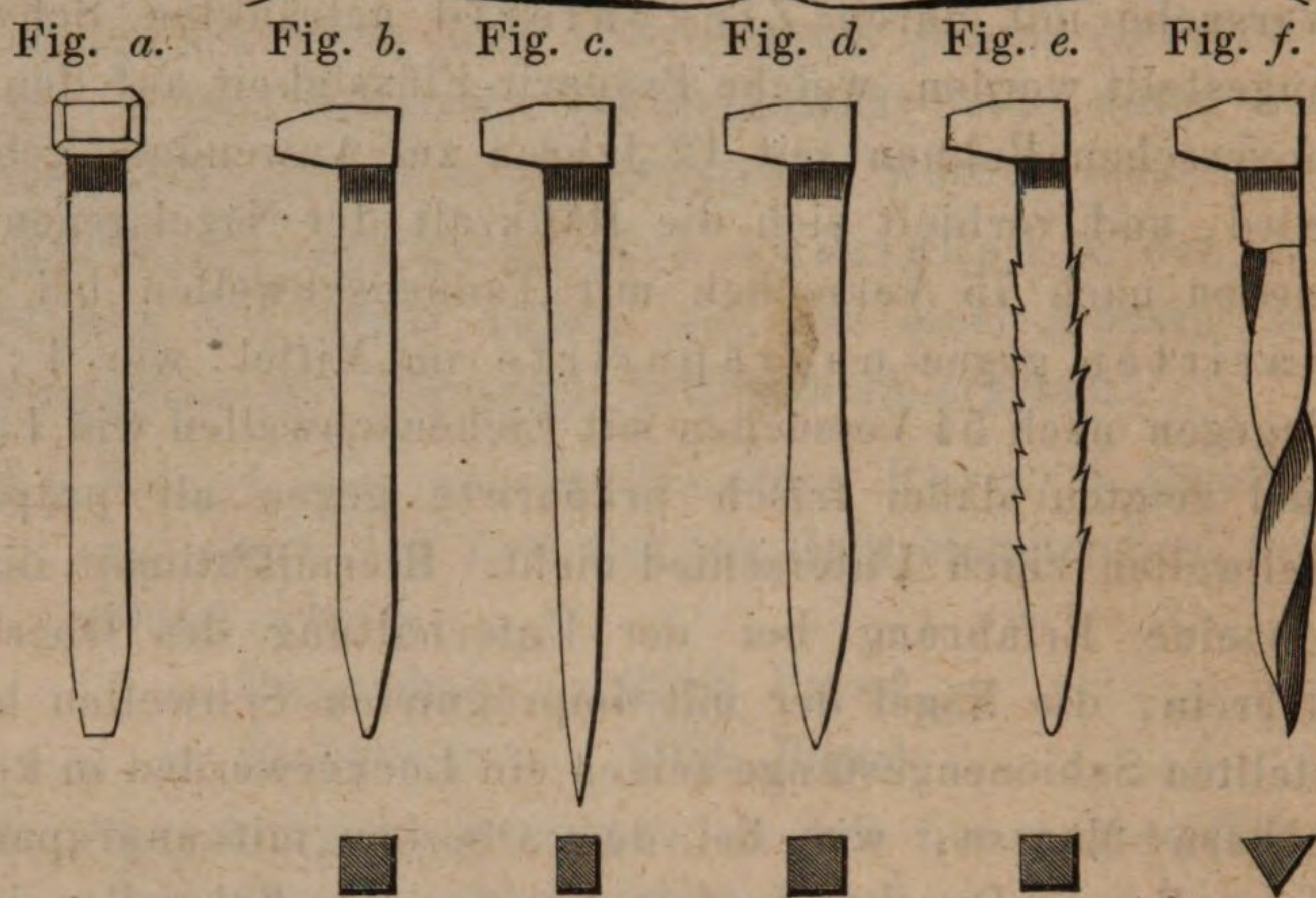
„Dass die Beschaffenheit des Holzes auf die absolute Haltkraft einen entschiedenen Einfluss äussert, und kraus gewachsenes Holz mit wenig kleinen Aesten und Masern eine um 10 bis 20, ja bis 50 Procent grössere Haltkraft der Nägel ergiebt, als sehr rein und gerade gewachsenes Holz, bedarf einer besonderen Erwähnung wohl nicht. Die obigen Zahlen geben die Mittelwerthe aus einer grossen Menge von Versuchen und werden wir später noch Gelegenheit haben, einige Grenzwerte anzuführen.

II. Form und Dimensionen der Schienennägel.

„Die hauptsächlichsten zur Anwendung gekommenen Formen der Schienennägel sind:

Vorderansicht
der Fig. b bis f.

Seitenansicht



1) Prismatische Form mit quadratischem Querschnitt und zweiseitig keilförmig zugeschärft (**Fig. b**).

2) Pyramidal keilige Form, mit rechteckigem Querschnitt (**Fig. c**, Seitenansicht **Fig. a**).

3) Doppelt pyramidale Form, mit quadratischem Querschnitt (von beiden Seiten wie **Fig. c**) den gewöhnlichen Nagelformen entsprechend.

4) Gebauchte Form, mit quadratischem Querschnitt (**Fig. d**).

5) An den Ecken aufgehauen, mit quadratischem Querschnitt (**Fig. e**).

6) Gedrehte Form, mit dreieckigem Querschnitt (**Fig. f**).

„Da die erste dieser Formen (**Fig. b**) am allgemeinsten und auf den Hannoverschen Bahnen durchgängig zur An-

wendung gekommen ist, so werden wir die übrigen Formen sämtlich mit dieser als Einheit vergleichen und dadurch ein Urtheil über die Zweckmässigkeit der verschiedenen Nägel gewinnen.

Haltkraft gegen Ausziehen.

„I. Bei den prismatischen Nägeln (**Fig. b**) wurde zunächst die Frage erörtert und durch Versuche festgestellt, welche Form der Anschärfung die zweckmässigste ist. Da die Keilform vor der pyramidalen Spitze den Vorzug hat, dass die Holzfasern durch dieselbe abgeschnitten werden und die Schwellen daher bei dieser Form der Nägel nicht so leicht spalten, so handelte es sich nur noch um die Zweckmässigkeit der mehr oder minder schlanken Keilform. Die vergleichenden Versuche bezogen sich auf Nägel mit der Keilform **Fig. b**, wo die Länge der Anschärfung gleich dem Doppelten der Nageldicke betrug, gegen solche mit schlankerer Keilform, wo die Anschärfungslänge das Vierfache der Dicke ausmachte. Die Versuche ergaben für die Haltkraft gegen Ausziehen bei gleicher Länge im Holze das Verhältniss

in Tannenholz = 1 : 0,95,

in Eichenholz = 1 : 0,97,

demnach ist die erstere, weniger schlanke Anschärfung, um so mehr adoptirt, da dieselbe sich beim Einschlagen der Nägel als vollständig genügend erwies, und ist diese Form bei den ferneren vergleichenden Versuchen zum Grunde gelegt.

„II. Die pyramidalen Nägel (Nr. 2) verglichen mit den prismatischen Nägeln Nr. 1 von gleichem Gewichte, gleicher oberer Stärke und einer gleichen freien Kopflänge, also bei gleicher Eisenmasse im Holze ergaben nach 96 Versuchen als Mittelzahlen folgende Haltkräfte gegen das Ausziehen:

„A. Kleinere Nägel.

„Prismatische Nägel (Nr. 1) $\frac{1}{2}$ Quadratzoll stark, 6 Zoll lang, $4\frac{1}{2}$ Zoll tief eingeschlagen, 0,46 Pfd. schwer.
Pyramidale Nägel (Nr. 2) $\frac{1}{2}$ Quadratzoll oben stark, $7\frac{1}{4}$ Zoll lang, $5\frac{3}{4}$ Zoll tief eingeschlagen, 0,46 Pfd. schwer,

in Tannenholz

Nr. 1 = 2986 Pfd. (Minimum 2465 Pfd., Maximum 3940 Pfd.),

Nr. 2 = 4213 „ „ 2840 „ „ 4961 „

in Eichenholz

Nr. 1 = 6038 Pfd. (Minimum 4911 Pfd., Maximum 6811 Pfd.),

Nr. 2 = 7934 „ „ 6011 „ „ 9386 „

„B. Grössere Nägel, die prismatischen (Nr. 1) $\frac{9}{16}$ Quadratzoll stark, 7 Zoll lang, 6 Zoll tief eingetrieben, die pyramidalen (Nr. 2) oben ebenfalls $\frac{9}{16}$ Quadratzoll stark, $7\frac{3}{4}$ Zoll lang, $6\frac{3}{4}$ Zoll tief eingetrieben, beide 0,66 Pfund schwer und bis 1 Zoll von Kopfoberkante frei,

in Tannenholz

Nr. 1 = 4873 Pfd. (Minimum 3700 Pfd., Maximum 6745 Pfd.),

Nr. 2 = 5754 „ „ 4180 „ „ 7990 „

in Eichenholz

Nr. 1 = 9084 Pfd. (Minimum 7525 Pfd., Maximum 10645 Pfd.),

Nr. 2 = 10019 „ „ 8260 „ „ 12220 „

„Bei gleichem Gewichte, gleicher Eisenmasse im Holze und gleicher oberer Stärke verhielt sich mithin die Haltkraft der prismatischen zu den pyramidalen Nägeln bei der geringeren Länge wie 1 : 1,41 und 1 : 1,31 und bei der grösseren Länge wie 1 : 1,18 und 1 : 1,10, während eine dritte Reihe von Versuchen mit prismatischen und pyramidalen Nägeln der Formen Nr. 1 und 2 bei gleicher Einschlagungstiefe die folgenden mittleren Resultate ergab:

„Bei 5 Zoll Tiefe im Holze:

Nr. 1 in Tannenholz = 3032 Pfd., in Eichenholz = 7239 Pfd.

Nr. 2 „ „ = 2850 „ „ „ = 7532 „

„Bei 6 Zoll Tiefe im Holze:

Nr. 1 in Tannenholz = 4029 Pfd., in Eichenholz = 8505 Pfd.

Nr. 2 „ „ = 4131 „ „ „ = 9188 „

„Die Verhältnisszahlen der Haltkraft der geraden prismatischen Nägel gegen gleich tief ins Holz eingetriebene pyramidale Nägel von gleichem Gewichte sind demnach

in Tannenholz = 1 : 0,94 und 1 : 1,02, im Mittel = 1 : 0,98,

in Eichenholz = 1 : 1,05 und 1 : 1,08, im Mittel = 1 : 1,06.

„III. Die doppelt pyramidalen Nägel, welche der gewöhnlichen Nagelform entsprechen, ergaben bei der kurzen Sorte (0,46 Pfd. schwer) in Tannenholz eine sehr günstige, die gleich schweren prismatischen Nägel um 28 Procent übersteigende Haltkraft (4195 Pfd. : 3268 Pfd.), dieser Vorthail verschwand jedoch bei den langen 0,66 Pfd. schweren Nagelsorten (4858 Pfd. : 4873 Pfd.) und in Eichenholz fand er selbst bei kürzeren Längen nicht mehr Statt (7194 Pfd. : 7221 Pfd.). Der Grund liegt offenbar darin, dass diese Nagelform das Holz leicht spaltet, dieses Spalten bei Tannenholz aber weniger früh wie bei Eichenholz anfängt.

„IV. Die Haltkraft der gebauchten Nägel nach der Form **Fig. 3** stellte sich gegen gleich lange und gleich schwere prismatische Nägel bis 4½ Zoll Tiefe im Holze (2708 Pfd. und resp. 5488 Pfd.)

in Tannenholz Nr. 1 : Nr. 3 = 1 : 0,91

in Eichenholz Nr. 1 : Nr. 3 = 1 : 0,91

bei 6 Zoll Tiefe im Holze (3758 Pfd. und resp. 6434 Pfd.)

in Tannenholz Nr. 1 : Nr. 3 = 1 : 0,78

in Eichenholz Nr. 1 : Nr. 3 = 1 : 0,70

„V. Die Versuche über die Haltkraft der in den Ecken eingehackten Nägel (**Fig. e**) im Vergleich zu den in der Form gleichen prismatischen Nägeln (**Fig. b**), die letzteren als Einheit angenommen, haben die mittlere Verhältnisszahl 1 : 0,96 ergeben.

„VI. Gedrehte Nägel von dreieckigem Querschnitte (Fig. 5) mit denselben Nägeln im ungedrehten Zustande verglichen, ergab als Haltkraft gegen das Ausziehen, wenn man die Haltkraft der letzteren gleich 1 setzt

in Kiefernholz im Mittel = 1 : 0,94,

in Eichenholz im Mittel = 1 : 0,98,

wobei die gedrehten Nägel, der Anwendung beim Schienengestänge entsprechend, beim Ausziehen sich frei drehen konnten.

Haltkraft gegen Seitendruck.

„In Beziehung auf die für die Eisenbahn-Schienengestänge ebenfalls besonders wichtige Haltkraft der Nägel gegen Seitendruck sind prismatische Schienennägel der Form Fig. b verglichen mit Nägeln derselben Form und desselben Gewichtes, welche um $\frac{1}{4}$ der Länge ausgestreckt und daher um eben so viel dünner waren, sowie mit pyramidalen Nägeln der Form Fig. c und von demselben Gewichte, wie obige, sämtlich $\frac{3}{4}$ Zoll ausserhalb des Holzes frei. Die Haltkraft dieser Nägel gegen Seitendruck in der Richtung der Holzfasern betrug

A. in Tannenholz:

Es waren erforderlich:	Nagel Nr. 1 5 $\frac{1}{4}$ Zoll eingeschlagen.	Nagel Nr. 1 ^a 7 Zoll eingeschlagen.	Nagel Nr. 2 6 $\frac{1}{2}$ Zoll eingeschlagen.
Behuf $\frac{1}{4}$ Zoll Seitenbiegung	1933 Pfd.	1693 Pfd.	1738 Pfd.
„ $\frac{1}{2}$ „ Seitenbiegung	2153 „	1943 „	1968 „
„ $\frac{3}{4}$ „ Seitenbiegung	2368 „	2142 „	2218 „
„ 1 „ Seitenbiegung	2558 „	2233 „	2393 „
Zum gänzlichen Ausziehen	3658 „	3533 „	3803 „

B. In Eichenholz:

Es waren erforderlich:	Nagel Nr. 1 5 $\frac{1}{4}$ Zoll ein- geschlagen.	Nagel Nr. 1 ^a 7 Zoll ein- geschlagen.	Nagel Nr. 2 6 $\frac{1}{2}$ Zoll ein- geschlagen.
Behuf $\frac{1}{4}$ Zoll Seitenbie- gung	2254 Pfd.	1942 Pfd.	2007 Pfd.
„ $\frac{1}{2}$ „ Seitenbie- gung	2772 „	2167 „	2282 „
„ $\frac{3}{4}$ „ Seitenbie- gung	3107 „	2397 „	2472 „
„ 1 „ Seitenbie- gung	3492 „	2637 „	2672 „
Zum gänzlichen Aus- ziehen	4973 „	6103 „	7082 „

„In Beziehung auf das für den Eisenbahn-Oberbau be-
sonders wichtige Seitwärtsbiegen bis zu einem Zoll ver-
halten sich demnach die bezeichneten 3 Nagelformen, die
gewöhnlichen prismatischen Nägel **Fig. 1** = 1 gesetzt

in Tannenholz = 1 : 0,88 : 0,92

in Eichenholz = 1 : 0,79 : 0,81

im Mittel also = 1 : 0,83 : 0,86

„III. Das Eintreiben der Nägel.

„Beim Einschlagen der Schienennägel handelt es sich
im Wesentlichen nur darum, ob und wie weit vorgebohrt
werden muss, sowie ob die keilförmige Spitze der Nägel
rechtwinkelig oder parallel zu den Holzfasern zu stellen ist.
In beiden Beziehungen waren neue Versuche nicht erfor-
derlich. Aus der Erfahrung ist bekannt, dass ein Vorboh-
ren, wenn das Loch nur halb so tief ist, als der Nagel
eindringt und dessen Durchmesser die Hälfte der Dicke der
Nägel beträgt, auf die Haltkraft derselben keinen merkli-

chen Einfluss äussert*), und in einem ausgedehnteren Maasse ist das Vorbohren beim Nageln der Schienengestänge niemals erforderlich. (In der Regel kann das Vorbohren vielmehr überall erspart werden, da die Nägel meistens ohne Vorbohren genau und sicher eingetrieben werden können, ohne die Unterlagsschwelle zu spalten. Um ein solches Spalten möglichst zu vermeiden, werden die an der Schiene gegen einander über sitzenden Nägel in der Regel nicht in dieselbe Längsfaser des Holzes, vielmehr etwas versetzt eingeschlagen. Zeigt sich jedoch ein Spalten der Schwellen, welches besonders bei trockener Sommerzeit und bei Frostwetter wohl eintritt, so darf dann das Vorbohren nicht unterlassen werden. Zur möglichsten Vermeidung des Spaltens der Schwellen werden die Nägel ferner regelmässig so gestellt, dass die keilförmige Schärfe rechtwinkelig gegen die Längsfasern steht, dieselbe mithin durchschneidet und nicht keilförmig auseinander biegt. — Wenngleich diese letzten Bemerkungen über das Einschlagen der Nägel nichts Neues enthalten, so haben wir doch geglaubt, dieselben der Vollständigkeit wegen mit anführen zu dürfen.

„Schlussfolgerungen.

„Aus dem Vorstehenden, sowie aus sonstigen Erfahrungen bei dem Eisenbahnbau und der Unterhaltung der Schienengestänge ergeben sich die folgenden Resultate:

„1) Nicht allein wegen ihrer längeren Dauer, sondern auch wegen der erheblich grösseren Haltkraft der Schienennägel, sind Eichenschwellen den Kiefern- und Tannenschwellen erheblich vorzuziehen. Obgleich durch die Erfahrung noch nicht genügend sicher festgestellt ist wie sich die Dauer der imprägnirten Eichen- und Kiefern- oder Tannenschwellen gegen einander verhält, so ist doch schon jetzt zu empfehlen, zu den Schwellen Eichen-

*) Karmarsch, Grundriss der mechanischen Technologie, Band I. 2. Aufl. S. 787 u. s. w.

holz auch da zu verwenden, wo der Preis desselben den Preis der bezeichneten weichen Hölzer um das $1\frac{1}{2}$ - bis $1\frac{3}{4}$ fache übersteigt.

„2) Zu den Stossschwellen, bei denen es vorzugsweise auf eine grosse Haltkraft der Nägel ankommt, ist Eichenholz zweckmässig auch da zu verwenden, wo es das Kiefern- oder Tannenholz im Preise um das 2- bis $2\frac{1}{4}$ fache übersteigt. Ist der Preisunterschied noch grösser, so müssen die Kiefern-Stossschwellen stärker angenommen werden, damit die Haltkraft der Nägel durch eine grössere Länge derselben vermehrt werden kann.

„3) Bei Kiefern-Mittelschwellen sind, je nach der Länge der Schienen, von 15 bis 21 Fuss auf ein oder zwei Schwellen ausserhalb des Schienenfusses zwei Nägel einzuschlagen oder schmale Unterlagsplatten von 3 bis 4 Zoll Breite anzuwenden, welche die Haltkraft der Nägel gegen Seitendruck erhöhen und namentlich den innern Nagel mit zur Wirkung bringen. Die Zahl dieser äusseren Schienen-nägel oder mittleren Unterlagsplatten ist in Kurven von kleinen Radien am äussern Schienenstrange zu vermehren und sollte bei Radien von 1600 Fuss und darunter in der freien Bahn jede Schwelle am äussern Schienenstrange aussen doppelt genagelt oder mit einer zweilöcherigen Unterlagsplatte versehen sein.

„4) Das Imprägniren der Schwellen mit Zinkchlorid hat auf die Haltkraft der Nägel einen Einfluss nicht. In ganz frisch imprägnirten, vom Wasser noch vollständig durchzogenen Schwellen scheint die Haltkraft der Nägel etwas geringer zu sein.

„5) Die bauchigen Schienennägel (**Fig. d**) zeigen die geringste Haltkraft, und beträgt dieselbe nur 0,7 bis 0,9 der Haltkraft von gleich tief eingeschlagenen und gleich schweren prismatischen Nägeln.

„6) Auch das Einhacken und Drehen der Nägel erzielt ein günstiges Resultat nicht.

„7) Die doppelt pyramidalen Nägel (Fig. c) haben bei kürzerer Länge in Tannenholz eine um $\frac{1}{4}$ grössere Halbkraft als gerade prismatische Nägel (Fig. b) von gleicher Eisenmasse, während bei grösseren Nägeln und in Eichenholz dieser Vortheil nicht mehr stattfindet. Der Grund hiervon liegt darin, dass Nägel dieser Form das Holz leichter spalten, und dass bei Tannenholz dieses Spalten weniger früh wie bei Eichenholz anfängt.

„8) Die einfach pyramidalen Nägel (Fig. c und Fig. a) zeigen mit den prismatischen Nägeln (Fig. b) bei gleicher Tiefe im Holze gegen das Ausziehen eine etwa gleiche Halbkraft, während sie bei gleicher Eisenmasse im Holze die letzteren bei Eichenholz und langen Nägeln um $\frac{1}{10}$, bei Tannenholz und kürzeren Nägeln um etwa $\frac{1}{4}$ übertreffen. In Beziehung auf die Halbkraft gegen Seitendruck dagegen stehen innerhalb der beim Schienengestänge wichtigen Grenzen bei gleicher Eisenmasse im Holze die pyramidalen Nägel den prismatischen in Tannenholz um $\frac{1}{10}$, in Eichenholz um $\frac{1}{5}$ nach.

„9) Da nun die Fabrikationskosten der pyramidalen Nägel etwa 20 Procent höher sind, als die der gleich schweren prismatischen Nägel (und daher bei der für Schienennägel erfahrungsmässig erforderlichen Einschlagungstiefe von 5 bis 6 Zoll der Vortheil der geringeren Eisenmasse vollständig aufgewogen ist, so sind die prismatischen Schienennägel den pyramidalen um so mehr vorzuziehen, als sie neben der grösseren Halbkraft gegen Seitendruck nicht die ungünstige Eigenschaft der letzteren haben, dass sie, wenn einmal gelockert, leicht ganz lose werden und herauspringen.“

Versuche des
Verfassers.

„Die Ermittlungen des Verfassers in Betreff der Halbkraft der Schienennägel im Holze unterscheiden sich von den vorstehenden höchst werthvollen Arbeiten specifisch dadurch, dass bei ihnen die Einwirkung der Pressungen der Betriebsmittel gegen die Schienenköpfe möglichst treu nachgeahmt wurden.

Die erhaltenen Resultate ertheilen daher weniger reine Antworten auf theoretisch gestellte Fragen über die Haltkraft der Nägel gegen Ausziehen in der Richtung der Längsachse und Verdrückung rechtwinkelig auf dieselbe, geben jedoch für die Praxis des Eisenbahnwesens unmittelbarer anzuwendende Thatsachen, und es sind daher, zur Ergänzung der vorstehenden Arbeiten, diese Experimente nicht ohne Werth.

XXIII. Versuchsreihe.

Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt: Anwendung
des Appara-
tes.

Auf neue, gesunde Kiefernswellen wurden 2 Schienen gelegt und zunächst auf einer Schwelle, in üblicher Weise mit 4 Nägeln, festgenagelt. Die mehrfach erwähnte Presse wirkte auf die Köpfe der Schienen ein, in solcher Weise, dass sie das Umkanten der Schienen unter Ausziehung der Nägel zu bewirken strebte. **Fig. 21** und **22** zeigen diese Anordnung. Die Presse lag gerade über den Nagelstellen.

Die bei allen Versuchen zur Anwendung kommenden Nägel haben 140 Millim. Einschlagtiefe, wovon 30 Millim. auf die meisselförmige Schneide fallen, 14 Millim. Seitenfläche des quadratischen Querschnittes und daher 73 Quadratcentim. im Holze steckende Fläche. Dimensio-
nen der Nä-
gel.

Bei in Bewegung-Setzung der Presse erweiterte sich die Spur bis zu 10 Millim. unter einem Drucke von 10 Centnern ohne dass irgendwelche Veränderung an der Umgebung merkbar geworden wäre. Bei 15 Centner Druck und einer Spurerweiterung von 13 Millim. wurde ein lautes Knarren hörbar, wie es gewöhnlich beim Ausziehen festsitzender Nägel aus gesundem Holze vernommen wird, und der eine innere Nagel hob sich um circa 5 Millim. aus dem Holze. Befestigung
auf einer
Kiefern-
schwelle.

Ein Druck von 6 Centnern reichte nun hin, die Schiene völlig umkanten zu machen und den Nagel ganz aus dem

Fig. 21.

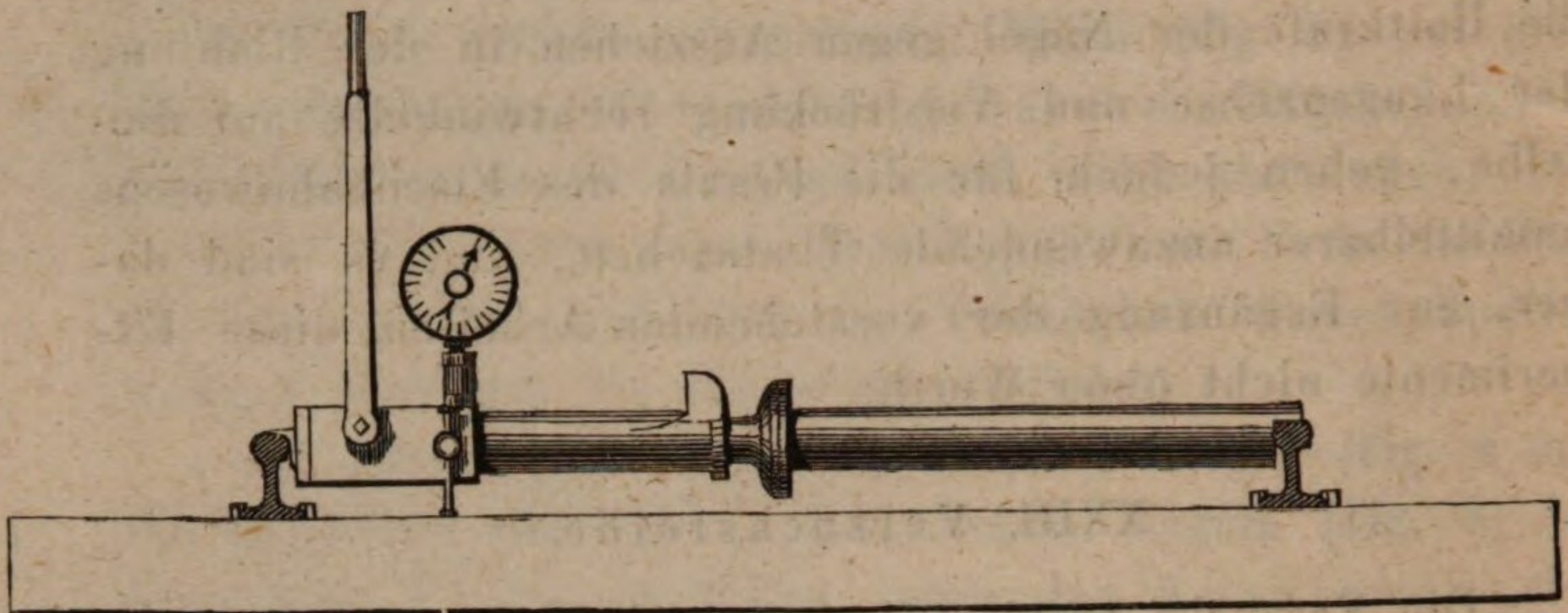
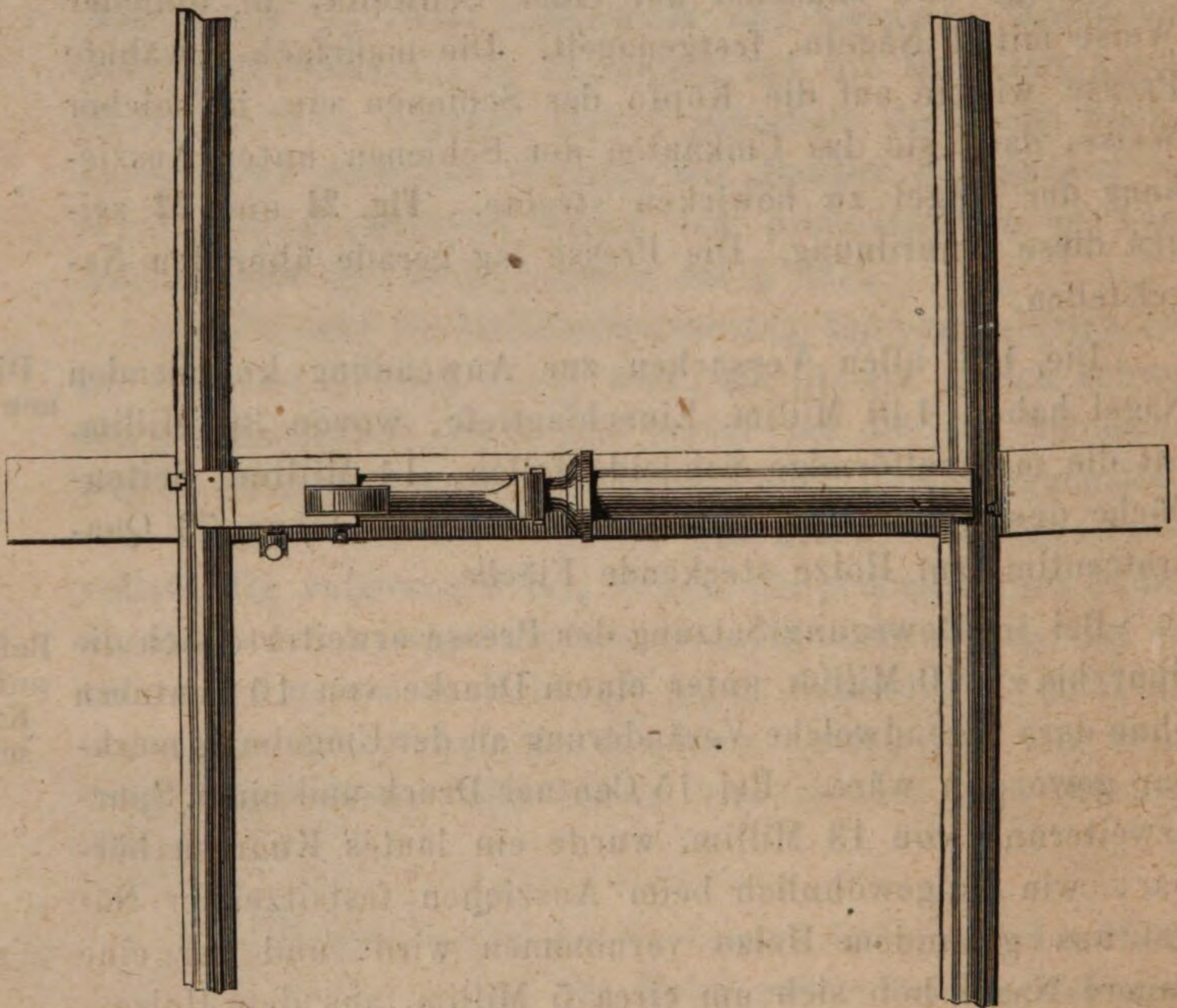


Fig. 22.



Holze zu ziehen. Die andern Nägel blieben hierbei völlig unberührt in ihrer Lage.

Das Loch des ausgezogenen Nagels wurde nun ausgespäht, der Nagel wieder festgeschlagen und die Presse wieder wie vorher in Thätigkeit gesetzt.

Jetzt war es der gegenüberstehende Nagel, der bei 17 Centner Druck und 13 Millim. Spurerweiterung sich mit lautem Tone aus dem Holze hob. Der wieder eingeschlagene Nagel hatte daher jetzt über 20 Procent mehr ausgehalten als früher, wo er zum ersten Male ins Holz geschlagen war, was zwar nicht mit den von v. Kaven erhaltenen Resultaten übereinstimmt, jedoch wohl darin seinen guten Grund hat, dass die das Nagelloch umgebenden Holzfasern jetzt durch das Eintreiben des Nagels und der Spähne höher gespannt worden sind, als vorher durch Einschlagen des Nagels allein.

XXIV. Versuchsreihe.

Der Versuch wurde nun unter Substitution einer Eischwelle an Stelle der Kiefernswelle wiederholt, die Schienen auf derselben mit neuen Nägeln festgeschlagen.

Befestigung
auf einer
Eichen-
schwelle.

10 Centner Druck 6,0 Millim. Spurerweiterung

20 " " 7,5 " "

30 " " 9,0 " "

und Lösung des einen Innennagels mit lautem Knack. Ein fortgesetzter Druck von 20 Centner wurde erfordert, um die Schienen umkanten zu machen. Nachdem der Nagel circa 30 Millim. aus dem Holze gezogen war, drückte er sich von der Schiene ab und liess den Fuss derselben frei.

XXV. Versuchsreihe.

Dieselbe Schiene wurde nun auf 2 Kiefernswellen normal festgenagelt, die Presse wirkte in der Mitte zwischen denselben.

Befestigung
auf zwei
Kiefern-
swellen.

Bis zu 20 Centner Druck erweitert sich die Spur, ohne Lösung der Nagelung, um 13 Millim., theils durch Ver-

drückung der Schienen auf der Holzoberfläche unter geringer Verschiebung der äussern Nägel, theils durch Durchbiegung der Schiene. Bei Nachlassen des Drucks verschwindet die Verdrückung daher auch bis auf 6 Millim.

Bei 45 Centner Druck und 25 Millim. Gleiserweiterung lösen sich zwei diagonal gegenüber stehende Innennägel, denen sofort ein dritter Innennagel folgt. Bei fortgesetztem Drucke von 40 Centner kantet die eine Schiene, unter Ausziehung der Nägel, um.

XXVI. Versuchsreihe.

Befestigung auf zwei Eichen- schwellen.	Für die beiden Kiefernswellen wurden eichene substituirt.				
	10 Centner Druck	3,0 Millim.	Spurerweiterung.		
	20 „ „	4,5 „	„	„	
	30 „ „	7,5 „	„	„	
	40 „ „	10,5 „	„	„	
	50 „ „	13,0 „	„	„	
	60 „ „	23,5 „	„	„	

Bei diesem Drucke löst sich ein Nagel aus dem Holze, der andere hat seinen Haken aufgebogen, ohne sich im Holze zu lösen, die äussern Nägel sind um circa 10 Millim. im Holze verdrückt.

XXVII. Versuchsreihe.

Befestigung auf drei Kiefern- schwellen.	Die Schiene wurde auf 3 Kieferschwellen befestigt. Die Presse wirkt über der mittelsten.				
	20 Centner Druck	6,0 Millim.	Spurerweiterung,		
	25 „ „	10,0 „	„	„	
	einer der Innennägel unter der Presse verlässt das Holz; bei				
	40 Centner Druck folgt ein zweiter auf der andern Schwelle; bei				
	55 Centner Druck der dritte auf der dritten Schwelle.				
	Die Schiene kantet bei fortgesetztem Druck von 30 Centner, unter Ausziehung der Nägel um.				

XXVIII. Versuchsreihe.

Die drei Kiefernswellen wurden durch eichene er- Befestigung
setzt. auf drei
Eichen-
swellen.

10	Centner	Druck	1,5	Millim.	Spurerweiterung.
20	„	„	4,5	„	„
30	„	„	6,0	„	„
40	„	„	7,5	„	„
50	„	„	10,5	„	„
60	„	„	14,5	„	„
70	„	„	16,0	„	„
75	„	„	19,0	„	„
80	„	„	24,0	„	„
85	„	„	28,0	„	„

Bei diesem Drucke hebt sich der Innennagel aus dem Holze, die beiden andern haben sich, ohne im Holze nachzugeben, aufgebogen. Die Horizontalverdrückung beträgt an jeder Schiene fast gleichmässig 4,5 Millim., um welches Maass auch die Nägel sich im Holze verdrückt haben. Bei Nachlassen des Druckes kehren die Schienen bis auf 4,5 Millim. wieder in ihre Lage zurück. Die Nägel sind mehr oder weniger defigurirt.

XXIX. Versuchsreihe.

Die Schiene wurde auf 4 Swellen festgeschlagen. Die Presse wirkte gegen die Köpfe in der Mitte zwischen den Mittelswellen. Befestigung
auf vier
Swellen.

15	Centner	Druck	4,0	Millim.	Spurerweiterung.
25	„	„	9,0	„	„
35	„	„	13,0	„	„
45	„	„	19,0	„	„

Die vier Nägel auf den der Presse zunächst liegenden Swellen lösen sich.

55	Centner	Druck	25,0	Millim.	Spurerweiterung.
65	„	„	36,0	„	„

Der Fuss der einen Schiene schnappt aus dem Halt der Nägel und dieselbe kantet um.

Bei einem Loslassen der Presse, bei 13,0 Millim. Spurerweiterung, waren die Schienen vollständig in ihre Lagen zurückgekehrt.

Die Schienen werden hierauf gerichtet, die Nagellöcher ausgespäht, die Schienen wieder aufgeschlagen (und zwar mit neuen Nägeln) und die Presse wie vorher in Thätigkeit gesetzt.

15 Centner Druck 6 Millim. Spurerweiterung.

40 „ „ 19 „ „

Lösung der innern Nägel.

55 „ „ Umkanten der einen Schiene.

Die Versuche an dem umgenagelten Gleise zeigen zwar keine wesentliche Abnahme der Haltkraft der Verbindung gegen die ursprüngliche, jedoch dürfte dies wohl nur für neue Schwellen und ganz gesunde frische Verspähnung gelten, da die verspähnten Nagellöcher ohne Zweifel den Einflüssen der Atmosphäre schnellere Wirkung auf die Haltbarkeit der Nägel gestatten, als frisch geschlagene.

Aus den durch diese Versuche erhaltenen Mittelwerthen geht (wenn man annimmt, dass bei dem letzten Versuche die Nägel eben am Herausheben waren, als die Aufbiegung ihrer Haken erfolgte) hervor, dass die im Kiefernholze steckenden Nägel im Mittel eine Kraft von rund 1850 Pfd. circa, die im Eichenholze befindlichen rund 3000 Pfd. zu ihrer Ausreissung erforderten.

Einheits-
maasse für
das Fest-
sitzen der
Nägel.

Da nun die Nägel das Holz mit einer Fläche von 73 □Centimeter oder 11,3 □Zoll engl. berührten, so ergibt sich daraus, dass zu ihrer Ausziehung eine Kraft gehörte gleich

25,3	Pfund	pro	□Centim.	}	im Kiefernholz,
163,2	„	„	□Zoll engl.		
41,8	„	„	□Centim.	}	im Eichenholz,
269,6	„	„	□Zoll engl.		

die beträchtlich geringer ist, als die von Kaven und Funk gefundene.

Auch zeigt sich hier eine etwas geringere Differenz zwischen der Haltkraft im Kiefern- und im Eichenholz als dort.

Die Erscheinung ist eben so leicht erklärlich, als Ursachen der lehrreich. Differenzen mit den früheren Versuchen.

Bei den Versuchen des Verfassers wurden nämlich die Nägel, behufs ihres Ausreissens nicht in ihrer Längsachse gefasst und während des Ausreissens in dieser Richtung gehalten, sondern der Angriff zum Ausziehen erfolgte an ihrer Innenfläche an der nach oben schräg zulaufenden Nase des Nagels, so dass, zugleich mit der Tendenz ihn zu heben, auch eine sehr energische Tendenz eintrat, ihn nach rückwärts zu drängen, wodurch sofort eine Erweiterung des Nagellochs und somit eine Lockerung des Nagels im Holze erfolgen musste.

Da nun, bei der weit geringeren Geschmeidigkeit der Faser des Eichenholzes, der Erfolg dieser Verdrückung verhältnissmässig ein bedeutenderer sein musste, als beim Kiefernholz, so ist auch die geringere Differenz der Haltbarkeit der Nägel im Kiefern- und Eichenholze bei diesen Versuchen, im Vergleich zu den früheren, selbstverständlich.

Es deutet dies wieder mit grosser Bestimmtheit darauf hin, dass zur Gewinnung für die Praxis direkt anwendbarer Resultate, es sich stets dringend empfiehlt, bei Experimenten auch die Erscheinungen der Praxis möglichst genau nachzuahmen, und können wir nicht umhin, die von uns gefundenen kleinern Festigkeitsmaasse als die den wirklichen Erscheinungen am nächsten kommende, zu bezeichnen.

Um nun einiges Licht darüber zu erhalten, in wie weit Versuche zur Ermittlung der Uebertragung der Einwirkungen auf einen Punkt des Gleises, die Nagelung auf den angrenzenden Schwellen zur Erhaltung der Schienen- wirkungen.

köpfe in ihrer Lage mit in Anspruch genommen wird, wurden nachstehende Experimente angestellt.

XXX. Versuchsreihe.

Einwirkung auf komplettes Gleis. Druck auf die Mitte der Schiene. Auf einem kürzlich mit neuen Schwellen verlegten, normal angeordneten, verlaschten Gleisstücke, bei welchem 7 Schwellen unter den 18 füssigen Schienen liegen, wird die Presse zwischen zwei Schienenköpfe über die mittelste Schwelle gebracht. Die Schwellen bestehen aus gesundem Kiefernholze.

10 Cent. Druck 1,5 Millim. Spurerweiterung

17 „ „ 6,0 „ „

20 „ „ 8,0 „ „

30 „ „ 10,0 „ „

40 „ „ 12,0 „ „

50 „ „ 17,0 „ „

60 „ „ 19,0 „ „

70 „ „ 26,0 „ „

Bei 30 Cent. Druck Nachgeben von 1 Nagel,

„ 50 „ „ „ „ 3 Nägeln,

„ 60 „ „ „ „ 8 Nägeln,

„ 70 „ „ „ „ 11 Nägeln,

4 auf der einen, 7 auf der andern Seite des Gleises.

Die Widerstandsfähigkeit der Schienen gegen Torsion hatte daher die Widerstandsfähigkeit der Nägel in der Weise solidarisch gemacht, dass es des doppelten Druckes, der zum Ausziehen eines einzelnen Nagels gehört, bedurfte, um den ersten Nagel weichen zu machen. Die andern folgten dann successive und unregelmässig. Die Widerstandsfähigkeit des Gleises zwischen den Spurerweiterungen von 8 — 12 Millim. war sehr gross und betrug volle 20 Cent., während beim Beginn des Pressens 17 Centn. hingereicht hatten, um eine Spurerweiterung von 6 Millim. herbeizuführen.

Das Pressen wurde bei diesen Versuchen noch weiter fortgesetzt und bei einem Drucke von 135 Cent. und einer Gleiserweiterung von 54 Millim. hatten nicht allein die Nägel sämmtlich, innen und aussen, theils seitlich, theils der Länge nach nachgegeben, sondern auch die Laschen waren gänzlich defigurirt und die Höhenaxe der Schienen hatte in ihrer Mitte eine Neigung von circa 60° gegen den Horizont angenommen.

XXXI. Versuchsreihe.

Das Experiment wurde nun mit der Modifikation wie-derholt, dass es auf einer Gleissstrecke mit in Verband liegenden Stössen angestellt und die Presse über einem Stosse liegend angebracht wurde. Das Gleis war sehr sorgsam verlascht; unter den auf den Schwellen liegenden Stössen befanden sich Stossplatten mit einfachem Rande. Die Zahl der Schwellen und Nägel war dieselbe wie beim vorhergehenden Experimente.

Einwirkung
auf komplet-
tes Gleis im
Verband.
Druck auf
einen Stoss.

Die Erweiterungen wiederholten sich hier in überraschender Uebereinstimmung mit dem vorhergehenden Versuche; obgleich hier direkt unter der Wirkung der Presse sich eine Unterbrechung der Schiene (ein Stoss) befand.

40 Cent. Druck 13 Millim. Spurerweiterung				
60	„	„	19	„
80	„	„	25	„
100	„	„	38	„
115	„	„	51	„

Die Verschiebung des Fusses der Schiene betrug hierbei nur 6 Millim., so dass das Nachgeben um obiges bedeutendes Maass nur in der Elasticität des Schienenge- stänges und dem nicht vollkommenen Schlusse der angren- zenden Laschen zu suchen ist. Auch gingen die Schienen, dem gemäss, selbst nach einer Verdrückung von 25 Millim., wieder vollständig in ihre Lage zurück und bei 51 Millim. Verdrückung blieb, bei Aufhören des Druckes, nur eine

Richtungsveränderung der Schienen von 6 Millim. zurück, obgleich die Nägel auf der Innenseite der Schienen fast sämtlich nachgegeben hatten.

Hinweise auf
gefährliche
Er-
scheinungen.

Es wirft dies ein bedeutsames Licht darauf, welch beträchtliche Veränderungen in der Lage der Schienen momentan durch die Einwirkungen des Betriebes verursacht werden können, ohne dass davon leicht bemerkbare Spuren übrig bleiben, wenn die Einwirkung vorübergeeilt ist (denn z. B. die Lösung der Nägel um ein gewisses Maass ist sehr schwer sichtlich, besonders wenn Schnee liegt oder meteorische Niederschläge Sand und Schlamm an die Schienenfüsse angewaschen haben). Nichts desto weniger bleibt die Lösung des Gleisgestänges bestehen, die bei Eintritt irgend einer Zufälligkeit zum Unheil führt.

XXXII. Versuchsreihe.

Einwirkung
auf komplet-
tes Gleis
ohne Ver-
band. Druck
auf beide
Stösse.

Der Versuch wird auf einem Gleise mit auf einer Schwelle liegendem Stosse wiederholt. Das Gleis ist komplett verlascht und konstruirt wie bei den früheren Versuchen. Die Winde wirkt unmittelbar auf die Stösse.

10 Cent. Druck		6 Millim. Spurerweiterung	
20	„ „	13	„ „
30	„ „	19	„ „
50	„ „	25	„ „
70	„ „	38	„ „

Die Verschiebung ist nach beiden Seiten erfolgt. Auf einer Seite hat sich die Stossplatte um 6 Millim. auf der Schwelle verschoben. Bei Aufhören des Drucks bleibt eine Spurerweiterung von 5 Millim. übrig.

Der doppelte Stoss zeigt eine beträchtlich geringere Widerstandsfähigkeit gegen Spurerweiterung, als der verwechselte; offenbar daher, weil hier an der Stossstelle nur die Hälfte der un-

terstützenden Torsionsfestigkeit der Schiene in das Spiel kommt, indem die Laschenverbindungen wenig geeignet sind, Einwirkungen fortzupflanzen, bei denen die Widerstandsfähigkeit der Schiene gegen Torsion in Anspruch genommen wird.

Jedenfalls ist dies ein bei der Gleiskonstruktion in Betracht zu ziehender Hinweis.

Versuche über die Wirkung der Unterlagsplatten.

Es galt, nach der Beendigung der vorstehenden Versuche, zur Vervollständigung der Anschauungen in Betreff der Wirksamkeit jener Mittel, durch welche der Zusammenhalt von Schiene und Schwelle erzielt wird, zunächst einige positive vergleichungsfähige Daten darüber zu gewinnen, in wie weit, durch die hierfür üblichsten Mittel, der Zweck erreicht werde.

Das wirklich „üblichste“ dieser Mittel besteht aber in Unterbringung einer Anzahl gewalzter Platten, denen ähnlich, die unter die Stösse gelegt zu werden pflegen, unter die Füße der Schienen.

Man erwartet von diesen Vorkehrungen eine dreifache Wirksamkeit.

Erstens sollen sie die beiderseits den Schienen eingeschlagenen Nägel von einander solidarisch machen, so dass die Verschiebungen, zu denen die auf einer Seite der Schienen befindlichen Nägel genöthigt werden, von denen auf der andern Seite mitgemacht werden müssen. Eine Verdoppelung der Widerstandsfähigkeit eines so ausgerüsteten Gleispunktes gegen seitliche Verschiebung durfte *a priori* vorausgesetzt werden können.

Art der Wirksamkeit der Unterlagsplatten.

Zweitens sollen sie jenes oben berührte Eindringen des Randes des Schienenfusses in das Holz, wodurch das Umkanten der Schienen selbst so wesentlich begünstigt wird, verhindern.

Drittens endlich sollen sie die Fläche der Basis, mit der die Schienen auf den Schwellen aufliegen, wesentlich vergrössern, indem sie gewissermaassen ein Organ der erstern bilden und so einen Theil der Vorzüge herbeiführen, welche die breite Vereinigungsfläche zwischen Schiene und Schwelle, die der Stuhlbahn eigen ist, stets im Gefolge hat.

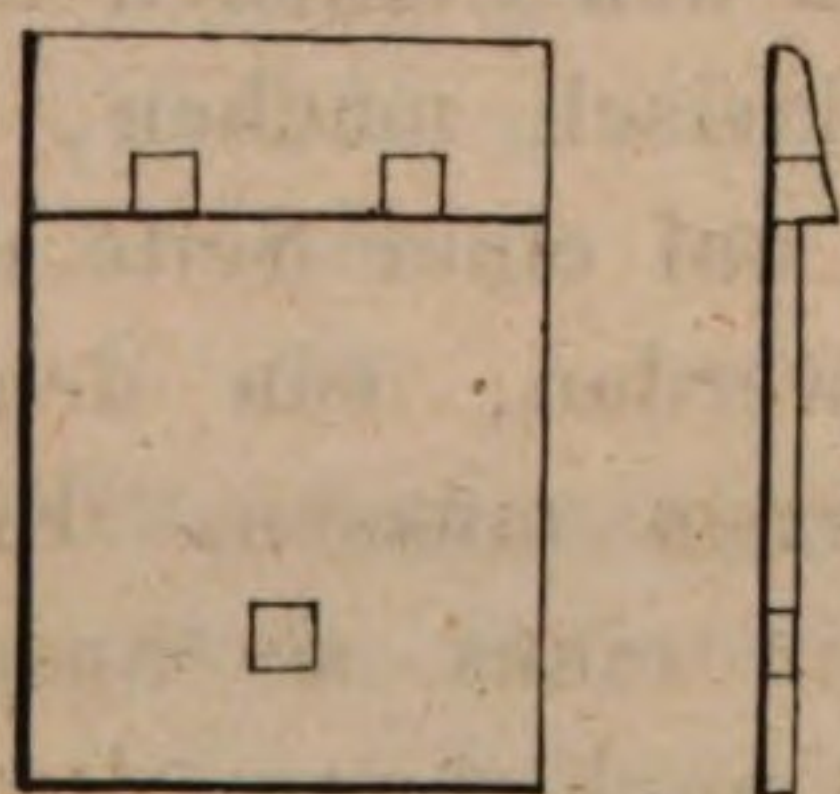
Die Versuche hatten darzuthun, in wie weit die Praxis diese Voraussetzungen bewahrheitete, oder ob sie etwa, durch nicht im Voraus in Rechnung zu ziehende Verhältnisse und Momente, modificirt würden.

Um direkt vergleichbare Thatsachen zu erhalten, wurde ein Theil der oben beschriebenen Versuche mit direkt auf die Schwellen genagelten Schienen so genau wie möglich und nur mit der Modifikation wiederholt, dass man jetzt Platten zwischen Schienen und Schwellen brachte. Um die Vergleichung zu erleichtern, werden wir in nachstehender Darlegung dieser Experimente, die Thatsachen der Parallelversuche ohne Plattenanwendung wiederholen.

XXXIII. Versuchsreihe.

Schienen auf
3 Schwellen
mit 2 Unter-
lagsplatten
befestigt.

Fig. 23.



Zwei Schienen sind auf drei Kiefernswellen in normaler Spurdistanz festgeschlagen; unter denselben befinden sich gegenüberliegend zwei Blechplatten, auf **Fig. 23** dargestellter Form und Dimension. Die Nägel passen ziemlich fleissig in die Oeffnungen und liegen dabei fest am Schienenfusse an.

Die Platten liegen so, dass die einfachen Nagellöcher sich auf der Innenseite der Schienen befinden. Die Presse wirkt gegen den Kopf der Schienen und liegt über den Platten.

		Spurerweiterung	
		Gleis ohne Platten	Gleis mit Platten
15 Cent. Druck		— Millim.	1,5 Millim.
20 „ „		6,0 „	— „
25 „ „		10,0 „	3,0 „
		Lösung des Gefüges	
35 „ „		— Millim.	6,0 „
45 „ „		— „	9,0 „
55 „ „		— „	10,5 „
		Lösung des Gefüges.	

Das völlige Umkanten der einen Schiene wird durch einen konstant fortwirkenden Druck von 30 Cent. bewirkt.

Die Wirksamkeit der Platten ist hier deutlich und beruht offenbar darin, dass sie die Fügigkeit der seitlichen Verdrückung der Nägel vor deren Ausreissung vermindert haben. Der Moment der Lösung des Gleisgefüges ist dadurch bis zu mehr als der Verdoppelung des Drucks hinausgeschoben worden, der zu ihrer Herbeiführung in beiden Fällen erforderlich war.

XXXIV. Versuchsreihe.

Die Anordnung des Ganzen bleibt allenthalben die- Schienen auf selbe, nur werden jetzt alle drei Schwellen mit Platten 3 Schwellen versehen. mit 6 Unterlagsplatten befestigt.

		Gleis ohne Platten	Gleis mit Platten
10 Cent. Druck		— Millim.	1,5 Millim.
20 „ „		6,0 „	3,0 „
25 „ „		10,0 „	4,5 „
		Lösung des Gefüges	
30 „ „		— Millim.	6,0 „
35 „ „		— „	7,5 „
40 „ „		— „	9,0 „
50 „ „		— „	10,5 „
		Lösung des Gefüges.	

Totales Umkanten der einen Schiene wird durch fortgesetzten Druck von 25 Cent. bewirkt.

Dieser Versuch bestätigt in überraschender Weise die aus dem vorigen gezogene Schlussfolgerung. Die Beifügung der Platten auf den beiden andern Schwellen hat die Widerstandsfähigkeit gegen das Umkanten nicht vermehrt, da dieselbe Anzahl von Nägeln ausziehen war und die beiden Platten der vorigen Versuchsreihe XXXIII so weit ausgereicht hatte, die seitliche Verdrückung der Nägel zu verhindern, dass die weitere Hinzufügung von Platten für diesen, auf einen Punkt der Schienen wirkenden Druck, hierin Nichts weiter modificiren konnte.

XXXV. Versuchsreihe.

Schienen auf
2 Schwellen
mit 4 Unter-
lagsplatten.
Druck in der
Mitte zwi-
schen den
Schwellen.

Die Schiene ist auf 2 Schwellen befestigt und auf jeder derselben befinden sich Unterlagsplatten. Die Winde wirkt in der Mitte zwischen den Befestigungspunkten.

10 Cent. Druck	Gleis ohne Platten — Millim.	Gleis mit Platten 1,5 Millim.
20 „ „	13,0 „	4,5 „
30 „ „	— „	6,0 „
35 „ „	— „	7,5 „
		Lösung des Gefüges
45 „ „	25,0 „	—
	Lösung des Gefüges.	

Die Verhinderung der seitlichen Verdrückung der Schiene bei Anwendung der Platten hat hier eine weit grössere Stabilität des Schienenkopfs herbeigeführt, jedoch zugleich bewirkt, dass die Lösung des Gefüges der weniger geschmeidigen Verbindung, bei geringerer Gleiserweiterung und geringerem Drucke erfolgte, wie bei den früheren Versuchen. Doch ist der Spätereintritt der Lösung des Gefüges ohne Anwendung von Platten praktisch werthlos, da derselben so bedeutende Defigurationen des Gleises

vorhergegangen sind, dass dieses durch dieselben längst vor Lösung des Gefüges impraktikabel gemacht sein würde.

XXXVI. Versuchsreihe.

Die Schiene ist auf 4 Schwellen befestigt, auf jeder Schienen auf derselben befinden sich Unterlagsplatten. Die Winde wirkt in der Mitte zwischen den Mittelschwellen.

4 Schwellen
mit 8 Unter-
lagsplatten
befestigt.

10 Cent. Druck	Gleis ohne Platten — Millim.	Gleis mit Platten 1,5 Millim.
15 „ „	4,0 „	— „
20 „ „	— „	3,0 „
25 „ „	9,0 „	4,5 „
35 „ „	13,0 „	— „
40 „ „	— „	6,0 „
45 „ „	19,0 „	— „
	Das Gefüge löst sich	
50 „ „	— Millim.	10,5 „
55 „ „	25,0 „	— „
65 „ „	36,0 „	— „
70 „ „	— „	13,0 „

Die Nägel lösen sich.

Die eine Schiene kantet um, bei einem fortgesetzten Drucke von 40 Cent.

Auch hier erfolgt die Lösung des Gefüges sachgemäss bei geringerer Verdrückung des Gleises, zu der aber eine weit grössere Kraftäusserung gehört, wie bei dem Gleisgefüge ohne Stossplatten. Die Widerstandsfähigkeit der Gleisverbindung ist durch die Platten um mehr als 60 Proc. erhöht.

XXXVII. Versuchsreihe.

Die Schienen sind auf 5 Schwellen festgeschlagen, auf deren jeder Unterlagsplatten liegen, doch wird der Versuch doppelt angestellt.

5 Schwellen
mit 10 Platten
befestigt.

Einmal, indem alle Unterlagsplatten in der bisher bei den Versuchen festgehaltenen Lage sich befinden, wobei ein Nagel die Innenseite, zwei Nägel die Aussenseite des Schienenfusses halten.

Zweitens aber, indem die Platten auf der mittelsten der fünf Schwellen (nachdem diese so weit verschoben worden sind, um ganz neue Nagelung zu gestatten) umgekehrt, d. h. mit den beiden Nägeln auf der Innenseite zu liegen kommen. Dadurch wirken 6 Nägel mehr dem Umkanten der Schienen entgegen, während die Gesamtzahl der die Schienen auf den Schwellen festhaltenden Nägel dieselbe bleibt.

Die Absicht bei dem Parallelversuch ist, die für die Stabilität des Gefüges der Gleise zweckentsprechendste Anordnung der Plattenlage zu ermitteln.

		Normale Plattenlage.		Umgekehrte Plattenlage.	
10 Cent. Druck		1,5 Millim.		1,5 Millim.	
20	„	3,0	„	3,0	„
30	„	4,5	„	4,5	„
40	„	6,0	„	5,5	„
50	„	7,5	„	7,5	„
60	„	9,0	„	10,5	„
70	„	10,5	„	13,0	„
80	„	16,0	„	14,5	„
Das Gefüge löst sich.					
90	„	—		16,0	„
100	„	—		17,5	„
110	„	—		19,0	„
120	„	—		22,0	„
130	„	—		28,0	„
140	„	—		38,0	„
Das Gefüge löst sich.					

Der Versuch zeigt die Stabilität des Gleises bei beiden Lagen der Platten bis zum Drucke von 80 Cent. fast gleich. Dann geben, bei der einfachen Nagelung Innen, die Nägel daselbst nach, wogegen sie bei der doppelten Innennagelung

festhielten und noch eine weitere Verdrückung der Schienen bis zu 38,0 Millim. gestatteten, ehe das Gefüge sich ganz löste.

Für die gewöhnliche Benutzung der Gleise ist es daher gleichgültig, welche Lage der Platten gewählt wird, während bei Ausnahmeständen (Unfälle etc.), wo das Gleis ungewöhnlich in Anspruch genommen wird, die zweite Nagelungsform länger Schutz gegen totale Zerstörung desselben bietet.

XXXVIII. Versuchsreihe.

Der nachstehende Parallelversuch bestätigt diese Resultate.

Die Schiene ist bei der ersten Versuchsserie auf sechs Schienen auf Schwellen, auf denen sämtlich Platten mit einem Nagel nach Innen liegen, festgeschlagen, bei der zweiten befinden sich auf den beiden Mittelschwellen umgekehrte Platten. ^{6 Schwellen mit 12 Platten befestigt.}

Die Anordnung der Tabelle ist die vorige.

		Normale Plattenlage.		Umgekehrte Plattenlage.	
10 Cent. Druck		1,5 Millim.		1,5 Millim.	
20	„	3,0	„	3,0	„
30	„	4,5	„	4,5	„
40	„	5,0	„	5,5	„
50	„	6,0	„	6,5	„
60	„	9,0	„	9,0	„
70	„	10,5	„	14,5	„
80	„	13,0	„	16,0	„
90	„	17,5	„	19,0	„
		Gefüge gelöst.			
100	„	—		20,5	„
110	„	—		22,0	„
120	„	—		25,0	„
		Gefüge gelöst.			

Die etwas grössern Verdrückungen bei der zweiten Lage der Platten deuten darauf hin, dass diese Formver-
v. Weber, Eisenbahngleise.

änderungen mehr auf seitliche Verschiebung der Schiene, als auf Umkanten derselben zu rechnen sein dürften. Im erstern Falle erfolgt das totale Umkanten der Schiene unter einem stätigen Drucke von 70, im zweiten von circa 75 Centnern.

Resultate der Versuche zu Beantwortung der Frage *B, c.*

Zieht man nun die für die Praxis unmittelbar verwerthbaren Endresultate aus den sämtlichen vorstehenden Versuchen zu Ermittlung der Haltkraft des Gefüges zwischen Vignoles-Schienen und Schwellen bei derjenigen Konstruktion des Gleises, welche in diesen Blättern allenthalben in Rede steht, so erhält man nachstehende Thatsachen:

Kraftmaass
zum Aus-
reissen der
Nägel.

1. Die Kraft, welche zum Ausreissen von Schienen-
nägeln einer von der gewöhnlichen Form (vierseitig
prismatisch mit meisselförmiger Schneide) nicht
sehr abweichenden Konstruktion erforderlich ist,
berechnet sich in Pfunden:

Wenn die
Kraft in der
Achse des
Nagels wirkt.

- a.* wenn die Kraft in der Achse des Nagels wirkt,
indem man die eingeschlagene Fläche des Na-
gels in engl. $\square$ Zollen multiplicirt mit
300 wenn der Nagel in Kiefernholz
600 „ „ „ „ Eichenholz steckt,
und für französisches Maass, wenn man die-
selbe Fläche in $\square$ Centimetres multiplicirt mit
47 wenn der Nagel in Kiefernholz
94 „ „ „ „ Eichenholz steckt;

Wenn die
Kraft ziehend
u. drängend
zugleich
wirkt.

- b.* wenn die Kraft seitlich drängend und in der
Achse des Nagels ziehend zugleich wirkt, wie
in den meisten Fällen unter Einwirkung des
Betriebes auf die Schiene, mit
160 wenn der Nagel in Kiefernholz
270 „ „ „ „ Eichenholz steckt,
und für französisches Maass wie oben

- 25 wenn der Nagel in Kiefernholz
42 „ „ „ „ Eichenholz steckt.
2. Nägel, die einmal eingeschlagen gewesen sind, aus-gezogen und dann in dasselbe Loch wieder eingeschlagen wurden, nachdem man dasselbe ausgespäht hatte, sitzen momentan fester als in frisches Holz eingeschlagene. Wiederholte Nagelungen.
 3. Zu Hervorbringung geringerer Spurerweiterungen bis zu 6 und 10 Millim. sind nur sehr geringe Kräfte von Nöthen, da hierzu keine Lösung des Gefüges der Gleise, sondern nur ein Nachgeben desselben innerhalb seiner Elasticität und seiner Konstruktionsfugen erforderlich ist. Spurerweiterungen innerhalb der Elasticität des Gleises.
 4. Unter allen Verhältnissen treten bei dieser Gleiskonstruktion, unter Einwirkung eines Seitendrucks von höchstens 80 Cent. gegen einen Punkt des Kopfes der Schienen, solche Ortsveränderungen desselben, zugleich durch Umkanten der Schienen und Verschieben derselben mitsammt den Befestigungsmitteln auf den Schwellen, ein, dass dadurch äusserste Gefahr für den Betrieb erzeugt und das Gefüge des Gleises an der betreffenden Stelle dauernd gelöst wird. Schädigende Spurerweiterungen.
 5. Zum weiteren vollständigen Zerstören der Lagen eines Gleises ist eine weit geringere Kraft von Nöthen, als zur ersten Lösung von dessen Gefüge. Die erstere erhebt sich selten über 0,75 der letzteren. Zerstörung des Zusammenhalts.
 6. Der Widerstand des Gleisgefüges gegen einen auf einen Punkt des Schienenkopfes wirkenden Druck vermehrt sich nicht in direktem Verhältnisse mit der Zahl der Schwellen, auf denen die Schienen festgeschlagen sind, sondern die Torsionselasticität der Schiene gestattet ein Nacheinanderlösen der Nagelungen auf den verschiedenen Schwellen. Doch kann dadurch die Nagelung an einem Punkte Einflüsse der Kraftübertragung durch die Schienen.

dergestalt unterstützt werden, dass sie circa doppelt so viel Widerstand leistet, als wenn sie für sich allein bestände.

Verschwinden der Gleiserweiterungen.

7. Unter Verhältnissen können, durch Elasticität der Schienen, nach Aufhören der betreffenden Einwirkungen, Gleisverdrückungen und Spurerweiterungen bis zu 25 Millim. wieder vollständig unsichtbar werden. Es geschieht dies dann hauptsächlich, wenn die Spurerweiterung mehr durch Umkanten der Schienen, als durch wirkliche seitliche Verdrückung derselben auf den Schwellen erfolgt ist, in welchem letztern Falle die Verschiebung der Nagelung sichtlich ist, während das blosse axenrechte Gehobensein der Nägel um ein geringes Maass sich nur unter besonderen Beleuchtungsverhältnissen bequem wahrnehmen lässt.

Widerstandsfähigkeit in und ausser Verband liegender Stösse.

8. Die Stelle eines Gleises, wo zwei Stösse auf derselben Schwelle liegen, hat eine beträchtlich geringere Widerstandsfähigkeit gegen Gleisverdrückung und Spurveränderung, als eine solche, wo nur ein Stoss auf einer Schwelle liegt und zwar verhält sich die Widerstandsfähigkeit beider Stellen gegeneinander ungefähr wie 7 : 10, so dass, in Bezug auf die Gefahren, welche aus Gleiserweiterungen entstehen, Gleise, deren Stösse nicht im Verband, sondern gegenüber liegen, eben so viele Stellen wie Stösse haben, an denen die Sicherheit im Verhältniss von 7 : 10 geringer ist, als bei Gleisen mit in Verband liegenden Stössen.

Einfluss der Unterlagsplatten.

9. Durch Anwendung von Unterlagsplatten unter den Schienen wird die Widerstandsfähigkeit gegen Schienenverdrückung unter sonst gleichen Verhältnissen zwar ungefähr um das Doppelte erhöht, jedoch erfolgt die Lösung des Gefüges bei geringeren Verschiebungsmaassen.

10. Es ist für die Widerstandsfähigkeit der Gleise, innerhalb der Maasse der Verdrückung der Schienen, bei denen die Gleise noch praktikabel bleiben und die nach Aufhören der Einwirkung wieder verschwinden, fast gleichgültig, ob die Platten so liegen, dass die geringere Anzahl Nägel sich auf der Innenseite der Schienen befindet, oder umgekehrt, jedoch wird durch letztere Anordnung (wo sich mehr Nägel innen befinden) die Widerstandsfähigkeit gegen totale Zerstörung des Gleises vermehrt.

Anordnung
der Unter-
lagsplatten.

Experimente zur Beantwortung der Frage *B, d.*

Wenn man einen Blick auf die Kraftmaasse wirft, die, wie die vorstehenden Versuche dathun, ausreichen, um die Köpfe der Schienen eines wohlgefügt und befestigten Gleises so weit aus ihrer Lage zu drücken, dass dadurch vollständige Unbenutzbarkeit des betr. Gleises herbeigeführt werden würde und zugleich erwägt, wie mächtig die seitlichen Drängungen sind, welche horizontale Schwingungen der jetzt üblichen schweren Lastzug-Remorqueure engen Radstands auf die Köpfe der Schienen äussern müssen, so leuchtet ein, dass es durchaus nicht das mechanische Gefüge des Gleises allein sein kann, welches diesen gewaltigen verdrückenden Einflüssen Widerstand zu leisten im Stande ist, denn so schwer sich auch ein bestimmtes Maass dieser Drängungen auf theoretischem und experimentativem Wege finden lässt, so lässt doch schon das mechanische Gefühl dasselbe als weit über jene Widerstandsfähigkeiten hinausgehend erkennen, deren Maass sich, für einen Punkt des Gleises, selten durch mehr als ein halbes hundert Centner Pressung ausdrückt.

Unzuläng-
lichkeit des
Zusammen-
halts der me-
chanischen
Organe der
Gleise.

Ein wesentliches Moment des Zusammenhalts der Gleise war daher zunächst in der Reibung zwischen den Rädern der darüberrollenden

Die Reibung ein wesentliches Element des Zusammenhalts der Gleise. Fuhrwerke und den Schienen, sodann aber auch in jener zu suchen, die durch die Belastung der Schienen beim Betriebe zwischen dem Fusse derselben und den Schwellen entsteht.

Die erstere Gattung der Reibung vereinigt nämlich, so zu sagen, durch Vermittelung von Rad und Achse, die Köpfe der Schienen und vermehrt die Widerstandsfähigkeit des Gleises gegen seitliche Verschiebung des Kopfes, um das volle Maass ihres Betrages, das nicht leicht unter $\frac{1}{7}$ der Belastung der betreffenden Stelle sinken kann.

Die andere Reibungsform vermehrt die Widerstandsfähigkeit des Gleises gegen seitliche Verschiebung der Schienen auf der Schwelle ebenfalls um ihren vollen Betrag, - der sich sofort als höchst beträchtlich vermuthen lässt, wenn man die Beschaffenheit der sich reibenden Flächen und das sich dazwischen Befinden von Sand etc. in Betracht zieht.

Zusammensetzung der Stabilität.

Da sich nun die Stabilität des Schienengefüges in dem Zustande, in dem es eigentlich nur von Interesse ist, nämlich durch die Betriebsmittel belastet, aus der Summe dieser Reibungen, plus der Widerstandsfähigkeit des Gefüges des unbelasteten Gleises zusammensetzt, theoretische Ermittlungen aber auch hier nur zu Resultaten führen konnten, die allzusehr mit hypothetischen Elementen gemischt erscheinen, um von einigem Werthe für die Praxis sein zu können, so war es von maassgebender Wichtigkeit durch das Experiment Belehrungen hierüber zu gewinnen.

Die betreffenden Versuche wurden angestellt, indem man auf einer Stelle eines Gleises, der durch die vorhergehenden Experimente untersuchten Konstruktion, ein Fuhrwerk schob, dessen Achsbelastung genau abgemessen war.

Indem man dann die, das Gleis verschiebende Presse, in thunlichste Nähe des Punktes, wo die Räder auf den Schienen aufruhten, auf die Köpfe der letztern wirken liess, musste, um Verschiebungen derselben herzubringen, die Summe aller Widerstände der Reibungen und des

mechanischen Gefüges des Gleises überwunden werden und man bekam die Maasse derjenigen Widerstände, mit denen es der Betrieb selbst zu thun hat und welche die Lage des Gleises gegen dessen zerstörende und verschiebende Einwirkungen sichern.

Zu Anstellung der betreffenden Versuche wurde ein mit besonderer Sorgfalt aus Schienen gleicher Fabrikation und Schwellen gleichen Alters mit Nägeln gleichen Ursprungs hergestelltes Gleisstück gewählt, lang genug, um für jedes Experiment einen neuen Standpunkt und doch thunlichst gleiche Grundbedingungen für alle zu bieten.

XXXIX. Versuchsreihe.

Als Fundamentalversuch wurde die Stabilität eines Punktes dieses Gleises gegen Spurerweiterung in unbelastetem Zustande untersucht. Es ergaben sich folgende Spurerweiterungen bei folgenden Pressungen.

10 Cent. Druck	4,0 Millim. Spurerweiterung	Fundamentalversuch Stabilität unbelasteten Gleises.
20 „ „	9,0 „ „	
30 „ „	16,0 „ „	
40 „ „	22,0 „ „	
50 „ „	31,0 „ „	
55 „ „	44,0 „ „	
Totale Lösung des Gefüges.		

XL. Versuchsreihe.

Auf dasselbe Gleis (andere Stelle) wird nun eine schwer beladene, vierrädrige Lowry gebracht. Jede Achse drückte das Gleis mit 145 Centnern. Gleisstelle mit 145 Cent. belastet.

Die Winde wirkt so nahe wie möglich an den Rädern und sonst ganz wie bei den vorigen Versuchen.

Druck. Centner.	Spurerweiterung. Millimeter.
10	1,5
20	1,5
30	3,0
40	4,5
50	6,0
60	9,0
70	17,5
80	25,0
90	31,0
95	34,0.

Für gleiche Spurerweiterungen verhielten sich die Pressungen gegen das unbelastete Gleis ungefähr wie 5:9.

Nach Entfernung der Winde geht das Gleis durch seine Elasticität, unter Ueberwindung der Reibung zwischen Rad und Schiene, bis auf 13 Millim. zurück und auch diese vermindert sich noch bis auf 3 Millim., nachdem das Ueberschieben des Wagens über die Pressstelle, die Schiene zu recht gedrückt hat.

Nimmt man, im vorliegenden Falle, die Reibungskoeffizienten zwischen Schienen und Rad, bei trocknen rauhen Schienen und trocknen Rädern, zu $\frac{1}{4}$ der Belastung an, so ergiebt sich der Zusammenhalt durch die Reibung zu 36,25 Cent., was, zu den Widerständen des unbelasteten Gleises addirt, so ziemlich mit den Experimenten übereinstimmende Werthe giebt, z. B. Spurerweiterung 31 Millim. unbelastet durch 50 Cent. Druck herbeigeführt; belastet durch 90, was vom theoretischen Werthe nur um 3,75 Cent. differirt.

XLI. Versuchsreihe.

Gleisstelle
mit 220 Cent.
belastet.

Auf dasselbe Gleis wird eine zum Bahnhofsrangirdienst verwendete Tender-Lokomotive gebracht, auf deren Achsen ihr Gesamtgewicht von 559 Cent. dergestalt vertheilt ist, dass auf der Treib- und Kuppelachse je 220, auf der Vorderachse aber 119 Cent. Last ruhen.

Die Presse ist so zwischen die Schienen gebracht, dass ihre Axe 14 Zoll von den Berührungspunkten zwischen Treibrädern und Schienen liegt und sie so auf die Köpfe der letzteren wirkt.

Druck.	Spurerweiterung.
10 Centner	unbemerkt
20 „	ebenso
30 „	1,5 Millim.
40 „	3,0 „
50 „	3,75 „
60 „	4,5 „
70 „	6,0 „
80 „	8,25 „
90 „	10,5 „
100 „	16,0 „
110 „	22,0 „
115 „	26,5 „
120 „	31,0 „
125 „	38,0 „

Nach dem Abstellen des Pressendruckes und dem Wegfahren der Lokomotive findet sich eine bleibende Schienenverdrückung von 6 Millim., wovon 3 Millim. auf wirkliche Verbiegung der Schienen zwischen den Treibachsen kommen.

Die Spurerweiterung von 31 Millim., die bei dem unbelasteten Gleise durch einen Druck von 50 Ctr., bei dem mit 145 Ctr. belasteten Gleise durch 90 Ctr. herbeigeführt wurde, entstand hier bei Belastung mit 220 Ctr. durch einen Druck von 120 Ctr., was von der theoretischen Ermittlung um 15 Ctr. differirt. Es mag dies seinen Grund in einem grössern Reibungskoeffizienten zwischen Schiene und Rad, veranlasst durch zufällige Beschaffenheit der Berührungspunkte, seinen Grund haben.

XLII. Versuchsreihe.

Um nun zu ermitteln, in wie weit bei den vorstehenden Versuchen, durch eine etwa auftretende Tendenz der

Mit 480 Centner belastetes Gleis mit gelüfteter Nagelung.

Schienen zum Umkanten die Haltkraft der innern Nägel in Anspruch genommen, oder ob die Reibung der Schienen auf den Schwellen, plus dem Widerstande der äusseren Nägel gegen Verschiebung, dieselben auf den Schwellen in ihrer Lage gehalten habe, wurden nun auf demselben Gleise auf eine Schienenlänge hin die inneren Nägel so weit gelüftet, dass ihre Köpfe reichlich vom Schienenfusse abstanden. Hierauf wurde zunächst die Widerstandsfähigkeit des so beschaffenen Gleises, die hauptsächlich vom Halt der Laschen an den Enden der Schienen, der Torsionsfähigkeit der letzteren und ihrem Anlehnen gegen die Nagelköpfe herrührte, geprüft, sodann aber eine grosse Güterzugmaschine von 700 Centner Gewicht, die ihre Treibachse und ihre Kuppelachse mit je 240, die Vorderachse mit 160 Ctr. belastete, auf dieselbe gebracht; die Winden liess man in der Mitte zwischen Treib- und Vorderachse auf die Schienenköpfe wirken.

Die nachstehende Tabelle giebt die Resultate dieser Experimente und zwar in erster Kolonne den Druck, in zweiter die Erweiterungen des unbelasteten, in dritter die des belasteten Gleises.

Druck.	Unbelastetes Gleis	mit 480 Ctr. belastet.
10 Centner.	9,0 Millim.	0,0 Millim.
20 „	13,0 „	0,0 „
30 „	14,5 „	1,5 „
40 „	16,0 „	7,0 „
50 „	22,0 „	— „
60 „	25,0 „	4,5 „
70 „	31,0 „	6,0 „
80 „	— „	9,0 „
90 „	44,0 „	10,5 „
100 „	54,0 „	— „
110 „	64,0 „	13,0 „
120 „	— „	15,0 „

Nach Entfernung des Pressendruckes zeigt sich im ersten Falle eine bleibende Gleisverdrückung von 13 Millim., im zweiten eine solche von 6 Millim., wovon 3 Millim. auf bleibende Durchbiegung der Schienen zwischen den Druckpunkten kommen.

In beiden Fällen zeigen die äusseren Nägelreihen nur eine sehr kleine Verdrückung, die sich am Punkte der Pressenwirkung auf 3 Millim. erhebt.

Der Versuch ist ausserordentlich lehrreich, denn er weist nach, dass die Reibung zwischen der belasteten Schiene und der Schwelle, plus Widerstand der äusseren Nägel, in allen Fällen genüge, die Schienen an ihrer Stelle auf den Schwellen zu halten, selbst unter Einwirkungen gegen die Schienenköpfe, die diese bis zur Betriebsunfähigkeit des Gleises durch Umkanten aus ihrer Lage drücken, und dass der Halt der innern Nagelung die verhältnissmässig schwächste Stelle des Gleisgefüges sei, indem er, den beträchtlichen Kräften gegenüber, die bei diesem Experimente im Spiele sind, fast ohne Einfluss erscheine. In der That zeigen, selbst auf gleiche Belastungen reducirt, die festgenagelten belasteten Gleise, unter Einwirkung derselben verdrückenden Kraft, durchaus nicht geringere Verdrückungen, als die Gleisstellen, bei denen die innere Nagelreihe gelüftet war.

XLIII. Versuchsreihe.

Es blieb nun nur übrig, noch Thatsachen zur Belehrung darüber zu gewinnen, welchen Einfluss die Schlüpfrigkeit der Oberfläche der Schienen auf den Zusammenhalt der Gleise äussern könnte.

Gleise mit verminder-
ten Reibungs-
koeffi-
cienten.

A priori liess sich annehmen, dass der Theil des Zusammenhaltes, der von der Reibung der Räder auf den Schienen herrührt, proportional der Abnahme des Reibungskoefficienten abnehmen müsse, indess erschien die Erörterung durch das Experiment, der Komplikation der einschlagenden Verhältnisse wegen, nicht überflüssig.

Auf das Gleisstück mit gelösten Schienennägeln wurden zu diesem Zwecke die schon bei Versuchsreihe XL benutzte Tendermaschine gestellt, die Winde wirkte in der Mitte zwischen der Trieb- und Kuppelachse auf die Schienen, die zwar von Staub und Sand gereinigt, aber sonst ziemlich rauh und völlig trocken waren.

Die Verdrückungen wurden unter diesen Verhältnissen gemessen.

Sodann wurde die Maschine weggefahren, die Schienen dick mit Talg eingestrichen und sodann die Maschine wieder darauf gebracht und die Verdrückungen bei gleichen Pressungen wieder gemessen.

Die nachfolgende Tabelle giebt die Resultate dieser Parallelversuche.

Druck.	Gleiserweiterungen	
	trocknes Gleis.	gefettetes Gleis.
10 Centner.	0,0 Millim.	1,5 Millim.
20 „	1,5 „	3,0 „
30 „	2,2 „	3,7 „
40 „	3,0 „	4,5 „
50 „	4,5 „	6,0 „
60 „	5,2 „	7,5 „
70 „	6,0 „	9,0 „
80 „	7,5 „	9,7 „
90 „	8,2 „	10,5 „
100 „	9,0 „	13,0 „
110 „	10,5 „	14,5 „
120 „	13,0 „	22,0 „

In beiden Fällen zeigte die äussere Nagelreihe keine Verdrückung.

In beiden Fällen kehrten die Schienen, nach dem Aufhören des Druckes und dem Wegfahren der Maschinen, fast ganz genau (bis auf 1,5 Millim.) in ihre vorige Lage zurück.

Im zweiten Falle (mit gefetteter Schiene) wächst, nachdem die Schiene eine Neigung um 22 Millim. angenommen

hat, der Druck beim Weiterpressen nicht mehr und die Schiene kantet bei fortrückendem Drucke von 120 Centnern um.

Selten laufen Versuche so vollkommen parallel, wie die der vorstehenden Tabelle.

Es lässt sich annehmen, dass, bei der Rauheit der angewandten Schiene, die Fettung derselben keinen grössern Einfluss auf den Reibungskoeffizienten zwischen Rad und Schiene gehabt hat, als den das Experiment darthut, nämlich den einer Abminderung von $\frac{1}{4}$ auf $\frac{1}{6}$ ungefähr, und daher ist der Schluss statthaft, dass die theoretische Voraussetzung richtig ist, und in Bezug auf den Zusammenhalt durch Rad und Achse, der Widerstand des Gleisgefüges gegen Spurerweiterung durch Umkanten der Schiene proportional dem Reibungskoeffizienten zwischen Schiene und Rad wächst und fällt.

Weiter aber ist es statthaft, zu schliessen, dass, bei der ausserordentlichen grossen Reduktion, welche die Reibung zwischen Schiene und Rad durch das Dazwischentreten von Schnee, Schlicker, Glatteis oder Raufrost erleidet, der grosse Theil der Widerstandsfähigkeit der Gleisgefüge gegen Spurerweiterung, die von der Reibung zwischen Schiene und Rad herrührt, fast auf Nichts zusammenschwinden kann. Ferner, dass, wenn zugleich starke Schwingungen der Fuhrwerke von vorn nach hinten eintreten, die besonders bei sechsräderigen Vehikeln und Lokomotiven im Stande sind, wie wir weiter unten durch das Experiment dargethan sehen werden, eine oder die andere Vorder- oder Hinterachse fast völlig zu entlasten, auch der höchst beträchtliche Theil des Zusammenhalts der Gleise, der von der Reibung zwischen Schiene und Schwelle herrührt, aufs Aeusserste reducirt werden kann, so dass sich dann die Widerstandsfähigkeit des Gleises gegen gleichzeitige seitliche Schwankungen der Fuhrwerke blos auf den Zusammenhalt des mechanischen Gefüges durch die Nagelung und die Laschen beschränkt, der, wie wir oben ge-

Bedeutsame
Reduktion
der Stabili-
tät der Gleise
bei Glatteis
Raufrost,
schlüpfrigen
Schienen.

sehen haben, den Einwirkungen dieser Schwankungen, Pressungen und Stösse in keiner Weise gewachsen ist.

Resultate der Versuche über Ermittlung des Zuwachses, den der Zusammenhalt der Gleise durch das Gewicht der Fuhrwerke erfährt.

Räder und Achsen verbinden durch Reibung die Schienenköpfe.

Vermehrung des Widerstandes durch Reibung gegen Umkanten.

Vermehrung des Widerstandes durch Reibung gegen Verschiebung.

Widerstand in beiden Beziehungen durch Reibung vermehrt.

Bedeutsame Folgerung.

1. Die Widerstandsfähigkeit der Schienen gegen das Umkanten wird dadurch sehr wesentlich vermehrt, dass die Räder der Fuhrwerke durch ihre Reibung auf denselben festhalten und die Achse so gleichsam die Schienenköpfe verbindet.
2. Wenn die Belastung eines Punktes der Schiene durch ein Fuhrwerk mehr als 80 Centner pro Rad beträgt, so wird dadurch das Widerstandsmaass gegen Umkanten grösser, als das durch gewöhnliche Nagelung in Kiefernholz erzeugte.
3. Die Widerstandsfähigkeit der Schienen gegen seitliche Verschiebung auf der Schwelle wird durch die Belastung um ein Maass vermehrt, das mindestens durch 0,33 der Belastung ausgedrückt werden muss und daher schon bei Belastungen von über 60 Centner pro Rad grösser ist als die Widerstandsfähigkeit der Nagelung gegen horizontale Verdrückung.
- 4) Es werden daher die Schienen sowohl am Kopfe, als am Fusse, durch die Belastung der Fuhrwerke wirksam gegen Umkanten und Verschieben geschützt, und zwar an beiden Stellen nachdrücklicher, als durch die gewöhnliche Nagelung, wenn die Belastung pro Rad über 80 Centner beträgt.
5. Nur die Summe der Widerstände der Schienen gegen Umkanten und Verdrücken, die sich aus dem der Nagelung, der Reibung der Räder am Kopf und der Reibung der Schwellen am Fusse ergibt,

ist (wenigstens in den meisten Fällen) ausreichend, die Schienen am Umkanten und seitlichen Verdrücken bei den Horizontal-schwankungen der Betriebsmittel zu hindern.

6. Wird daher, durch eine ungünstige Vertikalschwingung eines Fuhrwerks, ein Punkt des Gleises fast ganz oder ganz entlastet, während gleichzeitig eine seitliche Oscillation des Fuhrwerks erfolgt, so hat das Gleis dieser letztern nur die ungenügende Widerstandsfähigkeit der Nagelung entgegen zu setzen und seitliche Ausbiegungen und Verschiebungen erfolgen.
- Zweite bedeutsame Folgerung.

Es ist dies die auf experimentativem Wege erfolgte Lösung des Problems der anscheinend oft spontanen, auf verhältnissmässig in ganz gutem Zustande befindlichen Gleisstrecke, die schon geraume Zeit hindurch ohne Unfall befahren worden sind, eintretenden schlangenförmigen Gleisverdrückungen, die bald als Verschiebung des gesammten Gleisgefüges im Boden, bald und zwar öfter, als Verdrückung und Verbiegung der Schienen auf den Schwellen erscheinen und meist auf geradlinigen Gleisstrecken, wo mit grosser Geschwindigkeit und sechsräderigen Fuhrwerken langen Körpers auf verhältnissmässig kurzem Radstand (wie die Lokomotiven, deren sämmtliche Achsen zwischen Tender und Rauchkammer liegen)⁸⁾ befahren werden.

Lösung eines wichtigen Problems.

Findet sich in einem solchen Gleise eine nicht gut unterstopfte Schwelle, die bei der eintretenden Belastung gleichmässig unter beiden Schienensträngen niedergeht, so wird das darüber rollende Fuhrwerk, durch Niederdrücken

Verwandlung der Vertikal- in Horizontal-Schwingung.

8) Dies Verhältniss ändert sich natürlich, wenn die Belastung der Achsen solcher Maschinen durch Balanciers ausgeglichen ist. Doch wird diese Konstruktion, anderer Nachtheile wegen, nicht allenthalben beliebt.

derselben veranlasst, eine starke Vertikalschwingung machen, die aber das Gleis seitlich nicht weiter belästigt.

Drückt sich aber eine solche Schwelle unter einem der Schienenstränge stärker, als unter dem andern nieder, so wird die Schwingung des Fuhrwerks ganz gleichzeitig eine heftige vertikale und horizontale werden, und dasselbe wird, auf der Mittelachse balancirend, bald die Hinter-, bald die Vorderachse mehr oder weniger entlasten, wobei der seitliche Druck der Schwingung, den die Schienen durch die Spurkränze der Vorder- oder Hinterachse empfangen, mit voller Energie gegen diese ausgeübt wird.

Es ist fast unausbleiblich, dass in solchem Falle der Punkt des entlasteten Gleises, auf die er erfolgt, nachgiebt und sich seitlich verschiebt. Ist dies aber erst einmal erfolgt, so wird theils die Schwingung des ersten Fuhrwerkes, das den Vorfall verursachte, theils die der nachfolgenden so heftig in seitlicher und vertikaler Richtung, dass die Verdrückungen sich wiederholen müssen und nur günstige Umstände (Koincidenzen von Schwingungen etc.) eine Beruhigung der gestörten Bewegung der Fuhrwerke herbeiführen können. Es gehören diese Erscheinungen zu den gefährlichsten im ganzen Bereiche des Eisenbahnbetriebes, besonders da die ursprünglichen Veranlassungen dazu, so schwer, selbst bei grösster Sorgsamkeit in der Gleisunterhaltung, zu vermeiden sind.

Untersuchungen über die Gesamtbewegungen der Schienen unter dem Einflusse des Betriebes.

Beobachtungen des Verhaltens der Gleise beim Betriebe zur Ergänzung der Experimente erforderlich.

Von so grossem Werthe nun auch die Anschauungen sind, die in Betreff der Verhältnisse, welche auf den Zusammenhalt des Gefüges der Eisenbahngleise Einfluss üben, durch die Betrachtung der darauf bezüglichen willkürlich hervorgerufenen Erscheinungen (Experimente) gewonnen wurden, so kann doch das Gesamtstudium der Frage nur durch Beobachtungen an dem wirklich im Gebrauche befindlichen Gleise, durch Gewinnung eines Bildes von den-

jenigen Verdrückungen, Senkungen und Verschiebungen abgeschlossen werden, welche die Schienen, als die Hauptorgane des Gleises, momentan beim Darüberrollen der Fuhrwerke erfahren, die aber sofort nach der Einwirkung zum grossen Theile wieder verschwinden.

Dieses Verschwinden wird theils als ein relatives, theils als ein absolutes bezeichnet werden können.

Relativ verschwindend darf man die Bewegungen der Schienen nennen, die zwar eine mehr oder minder beträchtliche Lösung des Gleisgefüges im Gefolge haben, nach denen aber, durch die Elasticität der Schienen, dieselben wieder vollständig ihre regelmässige Lage einnehmen, so dass für das Auge des nicht sehr gründlich untersuchenden Beobachters Nichts den Normalzustand der Gleise gestört hat, während bei näherer Beschauung sich gelockerte Nägel, kleine seitliche Verdrückungen derselben, laterale Einpressungen des Schienenfusses in die Schwellen etc. zeigen, die zusammengenommen der Schiene so viel Spielraum gestatten, dass, theils aus kleinen Umkantungen, theils kleinen Verschiebungen, sich solche Ortsveränderungen des Schienenkopfs zusammensetzen, dass daraus höchst gefährliche Gleiserweiterungen entstehen.

Absolut verschwindend aber ist die Lagenveränderung einer Schiene, wenn die betreffenden Bewegungen innerhalb der Elasticitätsgrenze des festen Zusammenhaltes des Gleises erfolgen, so dass, nach Aufhören der Einwirkung, ohne bleibende Aenderung der Lage irgend eines Organes am Gleise, Alles in seine normale Situation zurückkehrt.

Auch diese Lagenveränderungen können, besonders bei nicht ganz korrekter Konstruktion des Gleises und gleichzeitigen Zusammentreffen ungünstiger Verhältnisse, jedoch weit seltener als die vorigen, verhängnissvoll werden.

Die momentanen Lagenveränderungen der Schienen während der Einwirkungen des Betriebes sind schwer genau zu beobachten, noch schwieriger ist es, bestimmte und nutzbringende Maasse derselben zu erhalten und dies aus

Relativ verschwindende Schienenverdrückungen.

Absolut verschwindende Schienenverdrückungen.

Schwierigkeiten der Messung.

doppelten Gründen. Einmal, weil, wie schon weiter oben erwähnt, die Einwirkungen der schnell bewegten Fuhrwerke auf das Gleis fast Schlägen und Stößen gleichen, und daher Hebelvorrichtungen, welche man zur Messung der betreffenden Bewegung anwenden könnte, keine Pressungen, die sie angemessen zu indiciren im Stande wären, sondern grelle Prallungen erleiden, denen ihre Organe entweder, vermöge ihrer Trägheit, nicht entsprechend folgen können, oder die sie über die zugehörigen Maasse hinausschleudern.

Sodann aber, weil die Bewegungen der Schienen complicirte, nämlich gleichzeitig dreifache sind, die sich als Senkungen, Verdrückungen und Kantungen bezeichnen lassen, und es complicirt und fast unthunlich ist, alle diese Bewegungen registrirende Instrumente gleichzeitig an derselben Stelle in Funktion zu bringen.

Einzelbeobachtungen unzureichend.

Endlich aber würde es, selbst wenn man zu solchen Einzelbeobachtungen sich entschliessen wollte, doch selten gelingen, Maximalwerthe der Gleisbewegung an einer betreffenden Stelle zu erlangen, da es nicht thunlich ist, das Maximum der Einwirkung des Betriebes auf die betreffende Gleisstelle, die sie nur im Laufe der Zeit und selten erfährt, im Augenblicke der Beobachtung herbeizurufen. Auf diese Maximalwerthe kommt es aber begreiflicher Weise ganz allein an.

Es mussten daher zu Ueberwindung dieser Schwierigkeiten besondere Beobachtungsmittel angewandt werden.

Barlow's Er-mittelungen.

Schon im Jahre 1835 hat Peter Barlow die ganze Bedeutsamkeit der momentanen Verdrückungen der Schienen im Gleise erkannt und jene Reihe sehr verdienstlicher Beobachtungen in Bezug auf dieselben angestellt, von denen wir eine Anzahl bereits oben mittheilten, die wir aber hier, der Uebersichtlichkeit wegen, wiederholen.

Er bediente sich, wie erwähnt, hierbei zu Beobachtung der Senkungen und Verdrückungen der schon oben Seite 94 und 95 beschriebenen Instrumentes.

Es hafteten den damit angestellten Beobachtungen alle die Mängel an, die wir oben bezeichneten.

Barlow beobachtete zuerst die Vertikalverdrückungen der Schienen der Liverpool-Manchester-Bahn an einer Stelle, wo das Gleis (Stuhlbahn) auf Steinwürfeln von 2 Fuss Seitenfläche in Mitteldistanzen von 3 Fuss anscheinend vollkommen fest in Kies- und Knackbettung von 18 Zoll Stärke lag. Die Beobachtungen wurden an den Schienen unmittelbar über dem Würfel selbst gemacht und zwar über einem Stoss- und drei Mittelwürfeln, während das Gleis mit verschiedenen Geschwindigkeiten und theils mit der vierräderigen Maschine Swiftsure, Fury und Orion von 12 Tonnen Gewicht, theils mit von denselben bewegten Zügen befahren wurde⁸⁾.

Die von ihm erhaltenen Resultate waren folgende: Die Maasse sind englische Zolle. Beim Befahren mit der Maschine „Swiftsure“ allein:

		Geschwindigkeit.			
		10 Meil.	15 Meil.	15 Meil.	15 Meil.
1. Würfel.	Senkung d. Sch.	0,014	0,004	0,004	0,005
2. „	„ „ „	0,017	0,006	0,004	0,012
3. Stosswürfel	„ „ „	0,030	0,020	0,018	0,026
4. „	„ „ „	0,024	0,017	0,012	0,016

Beim Befahren mit der „Swiftsure“ bei

		sehr geringer Geschwindigkeit	
		I. Versuch.	II. Versuch.
1. Würfel.	Senkung der Schiene	0,016	0,068
2. „	„ „ „	0,018	0,010
3. Stosswürfel	„ „ „	0,023	0,025
4. „	„ „ „	0,036	0,020

Beim Befahren mit 2 Zügen; der erste von der Maschine „Fury“, der zweite vom „Orion“ gezogen (ohne Angabe des Gewichts und der Zusammensetzung der Züge):

1. Würfel.	Senkung der Schiene	0,012	0,018
2. „	„ „ „	0,004	0,012
3. „	„ „ „	0,040	0,032
4. „	„ „ „	0,046	0,028

8) Locard, p. 100.

Die Senkungen der Schiene sind hier schwer in Einklang mit den Versuchsgrundlagen zu bringen, da dasselbe Befahren mit demselben Gewichte ganz verschiedene Resultate ergab.

Jedenfalls sind hierbei die eben angeführten, aus der Natur des angewandten Beobachtungsapparates hervorgehenden Fehler im Spiele⁹⁾.

Für die seitlichen Verdrückungen in den Kurven fand W. Barlow durch sein Instrument die folgenden Maasse auf einer ebenfalls sehr festliegenden Würfelbahnstrecke der Wigan Bahn, leider ohne in seinem Berichte Daten über den Radius der betreffenden Experiment-Kurve und die Ueberhöhung der Schienen in denselben mitzutheilen.

Laufende Versuchs- Nummer.	Seitliche Ver- drückung.	Geschwindigkeit Meilen p. Stunde.
1	0,047	8
2	0,045	10
0038 ² 3	0,38	11
4	0,036	12
5	0,040	10
6	0,035	12

Die Abnahme der seitlichen Ausbiegungen bei Zunahme der Geschwindigkeiten bei diesen Versuchen ist eine Abnormität, die um so schwerer zu erklären ist, als W. Barlow, bei Darstellung seiner Experimente, so viele Hauptthatsachen fehlen lässt.

Etwas rationeller erscheinen die Resultate einer zweiten Versuchsreihe, wo die Hälfte der Stühle (Stützpunkte) aus demselben Gleise entfernt war.

Es sind die folgenden:

Nummer des Ver- suchs.	Seitliche Ver- drückung.	Geschwindigkeit in Meilen p. Stunde.
1	0,070	4
2	0,078	6
3	0,093	7
4	0,097	8

9) Locard 85.

woraus sich wenigstens, bei gleicher Geschwindigkeit (8 Meilen), die doppelte Verdrückung bei halber Stützung ergibt.

Offenbar ist diesen Versuchen viel weniger Werth beizulegen, als dies bisher in den Werken über Eisenbahnwesen und Gleiskonstruktion (z. B. Wood, Locard u. A.) geschehen ist. Eine neue, rationeller angestellte, in dieser Richtung gehende Untersuchung erschien daher um so viel wünschenswerther.

Dieser hat sich der Verfasser mit Mitteln unterzogen, bei denen wenigstens die Täuschungen, zu denen die Barlow'schen Instrumente direkt Veranlassung geben mussten, nicht eintreten konnten.

Untersuchungen des Verfassers mit zuverlässigeren Vorkehrungen.

Zunächst bediente er sich, zu einigen Messungen von Schienensenkungen, derselben kleinen zuverlässigen Vorrichtungen, die oben, als zur Messung der Zusammendrückung der Schwellen in befahrenen Gleisen angewandt, beschrieben worden sind.

Prallungen und spontane Verschiebungen konnten bei denselben nicht eintreten.

LIII. Versuchsreihe.

Zunächst wurde das vertikale Niedergehen der Schienen bei verschiedenen Gleiskonstruktionen unter der Einwirkung des Befahrens mit einer Lokomotive von 555 Centner Gewicht, deren schwerste Radbelastung 110 Centner war, im geraden Gleise untersucht.

Einzelbeobachtung über das Niedergehen der Schienen beim Befahren.

Zu den Versuchen wurden Gleisstellen ausgewählt, an denen die Beschaffenheit der Ueberfüllung eine so feste Lagerung der Schwellen, als sich überhaupt erkennen lässt, nachwies. Die Senkungen wurden stets in der Mitte der Schienen gemessen.

Die Resultate waren folgende:

Versuchs- Nummer.	Beschaffenheit des Gleises und der Schienen*)	Entfernung d. Schwellen von Mitte zu Mitte. Millimeter.	Breite der Schwellen. Millimeter,	Größtes Niedergehen der Schiene. Millimeter.
1.	Versuch im Hauptgleis der schlesischen Linie. Schienen von Eisen	1042	230	5
2.	Versuch im Hauptgleis der schlesischen Linie. Stahlschiene	902	300 200	4,5
3.	Versuch, desgleichen	812	200	6,5
4.	Versuch im Hauptgleis der böhmischen Linie. Schiene von Eisen	1042	230 200	6,5
5.	Versuch, desgleichen	1016	230 250	5,5
6.	Versuch im Hauptgleis der schlesischen Linie. Stahlschiene	1054	200	6,5
7.	Versuch, desgleichen	1054	250 200	6,0
8.	Versuch im Nebengleis des böhmischen Bahnhofes. Schiene von Eisen, niederes Profil	1042	190	7,2
9.	Versuch, desgleichen	1143	190	8,5
10.	Versuch, desgleichen	1168	190	10,0
11.	Versuch im Nebengleis des schlesischen Bahnhofes. Schiene von Eisen, niederes Profil	1080	230	8,5
12.	Versuch, desgleichen	990	210	8,5

*) Wo das Profil der Schienen nicht als ein anderes bezeichnet ist, so ist das stets in diesem Werke gemeinte Normalprofil der sächsischen Statsbahn zu verstehen.

Bei den ersten 7 dieser Versuche mit der Gleiskonstruktion angestellt, die den vorstehenden Untersuchungen sämmtlich zur Basis gedient hat, betrug die Stützfläche mit der die 7 Schwellen der 18füssigen Schienen den Boden drückten, fast genau durchschnittlich 3,5 □ Meter und die durchschnittliche Senkung der Schienen mitten zwischen zwei Mittelschwellen, Biegung, Zusammendrückung der Schwellen und Eindrückung in den Boden eingerechnet, durchschnittlich fast genau 5,8 Millim., die, wie die obigen Experimente über Zusammendrückung der Schwellen und Durchbiegung der Schienen zeigen, zusammengesetzt ist, aus

Zusammensetzung des Maasses des Niedergehens der Schwellen.

1,3 Millim. Niedergehen der Schwellen in den Boden,

1,3 „ Durchbiegung der Schienen, und

3,2 „ Zusammendrückung der Schwellen.

Das schwächere Gleis, mit dem die letzten 5 Experimente der Tabelle angestellt wurden, drückte den Boden mit 3,15 □ Met. Schwellenfläche. Die Gesamtsenkung betrug hier im Mittel 8,6 Millim.

2,6 Millim. Niedergehen der Schwellen im Boden,

2,6 „ Durchbiegung der Schienen, und

3,4 „ Zusammendrückung der Schwellen.

Diese Eindrückungen blieben durchaus konstant bei allen Geschwindigkeiten, mit denen die obenbezeichnete Maschine sich über die Oberbau-Systeme hinbewegte.

Resultate der Ermittlungen über kontinuierliche Senkungen der Schienen beim Betriebe.

Die aus diesen Experimenten zu ziehenden Schlussfolgerungen sind von Bedeutung, denn sie geben Zahlenwerthe für einen nicht unwesentlichen Theil der Widerstände, die sich der Bewegung der Eisenbahnfahrwerke entgegenstellen.

Maasse für die Widerstände aus der Eindrückung der Gleise.

Will man auch in oben aufgeführten Zahlenwerthen das Niedergehen der Schwellen im Boden einem ungenügenden Aufliegen derselben zuschreiben (obwohl dies im vorliegenden Falle eigent-

lich nicht zulässig, sondern das wirkliche Ueberwinden von Elasticität des Erdreiches anzunehmen ist), so bleiben doch Durchbiegung der Schienen und Zusammendrückung der Schwellen als konstant hervorzurufende Kraftäusserungen übrig und wir erhalten daher dafür bei einer Radbelastung von 110 Cent. als Ausdruck für die Kraftäusserungen

$P = 110 \times 4,5 \text{ Millim.} \times V$ (Geschwindigkeit)
für das stärkere und

$P = 110 \times 6,0 \text{ Millim.} \times V$ (Geschwindigkeit)
für das schwächere Gleis, so dass sich diese Widerstände direkt wie die Gleissenkungen verhalten.

Für das Beispiel berechnet, ergiebt sich, dass die Lokomotive von 550 Cent. Gewicht (mit 4 Stück Rädern zu 110 Cent. Belastung und 2 Rädern zu 55 Cent. Belastung) zu Ueberwindung dieser Gleisbiegungswiderstände bei einer Geschwindigkeit von 5 Meilen pro Stunde 17,15 effektive Pferdekkräfte konstant aufzuwenden hat, und dass sie im zweiten Falle, bei dem schwächeren Gleise, schon 22,80 effektive Pferdekkräfte dazu aufwenden muss, welche Kraftäusserung direkt wie die Geschwindigkeit und das Maschinengewicht wächst, während das Bieungsmaass ein wachsender Erfahrungswerth ist.

Es ist hierdurch zugleich, abgesehen von den positiven Maassen, eine korrektere Anschauung von der Berechnung der Widerstände gegeben, die aus der Biegung der Schienen und Zusammen- und Eindrückung der Schwellen erwachsen, und welche man bisher meist in Form von Steigungen betrachtet hat, wobei der Neigungswinkel ungemein schwer experimentativ zu ermitteln und daher meist ohne genügende Begründung hypothetisch angenommen war.

Der pekuniäre Werth einer Gleiskonstruktion in Bezug auf Brennmaterial-Aufwand lässt sich hiernach leicht nach Anstellung einer kleinen Reihe von Experimenten feststellen.

Je bedeutsamer die Resultate erschienen, welche durch die Experimente über das Niedergehen der Schienen im Gleise im einzelnen Falle des Befahrens erhalten worden waren, um so wünschenswerther zeigte es sich, durch Versuche ein Bild vom Gesamtbetrage aller Bewegungen zu erhalten, welche Schienen an verschiedenen Punkten der Gleise während einer geraumen Zeit des Befahrens unter verschiedensten Verhältnissen machten.

Anstellung von Dauer-
versuchen über die
Verdrückung der Schienen
beim Be-
triebe.

Wenn diese Versuche maassgebende Resultate liefern sollten, so mussten sie sowohl in geraden Linien, als Kurven von verschiedenem Radius, auf horizontalen Strecken und auf Steigungen verschiedenen Betrags, an Stellen, wo die Züge sich mit voller und wo sie sich mit gemässiger Geschwindigkeit bewegen, angestellt werden und geraume Zeit hindurch fortgesetzt werden.

Die Aufstellung von Messungsapparaten und die andauernde Beobachtung derselben an so verschiedenen Stellen

Fig. 24.

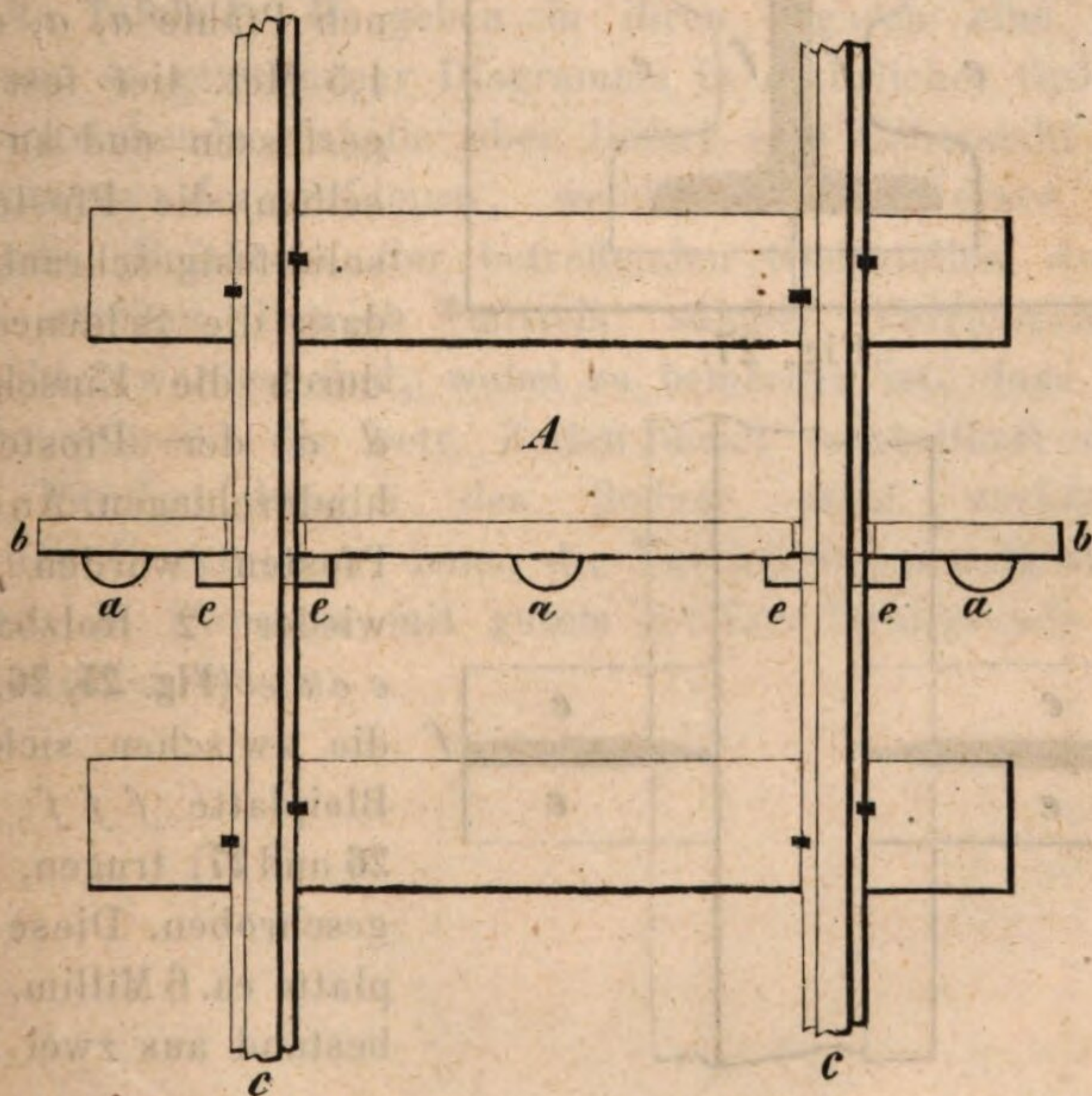
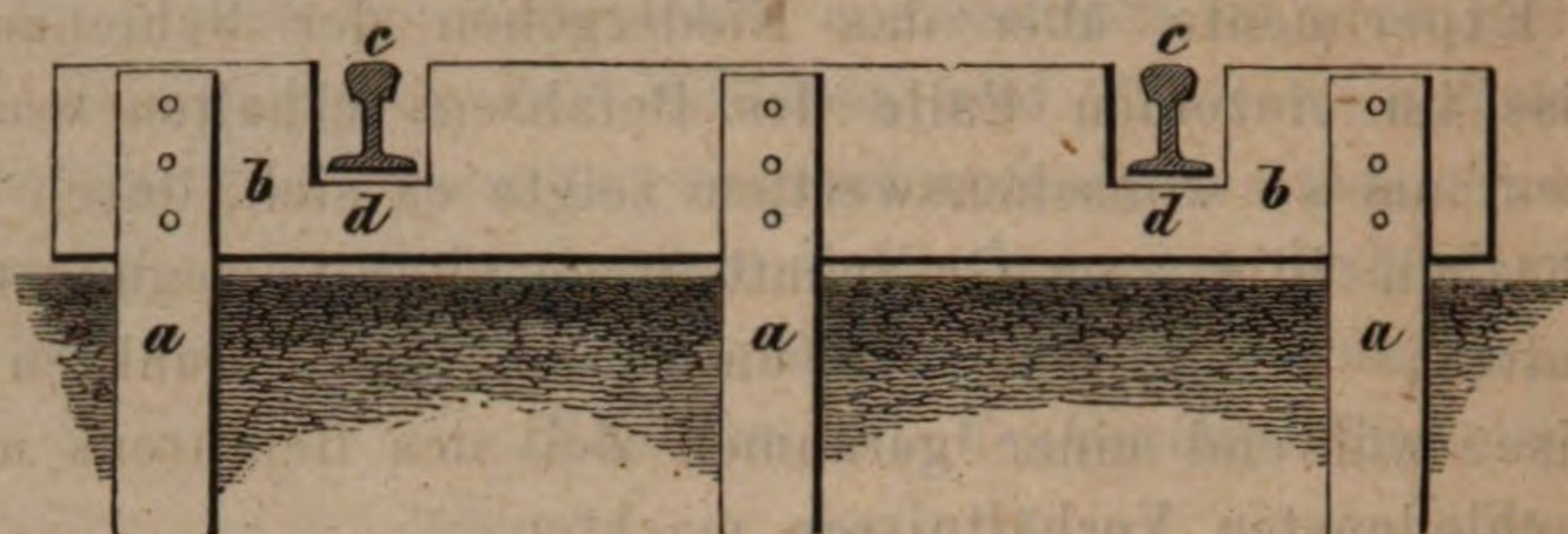


Fig. 25.



war unthunlich. Es musste daher darauf gesonnen werden, wie Diagramme der Gesamtbewegungen der Schienen auf mechanischem Wege zu erhalten sein könnten.

Der Verfasser wandte zu Erreichung dieses Zwecks das nachstehend beschriebene, einfache, fast kostenlose und die Summe einer beliebig grossen Anzahl von Beobachtungen von selbst liefernde Verfahren an.

Beobach-
tungsapparat
des Verfas-
sers. Dia-
grammhebel.

Fig. 26.

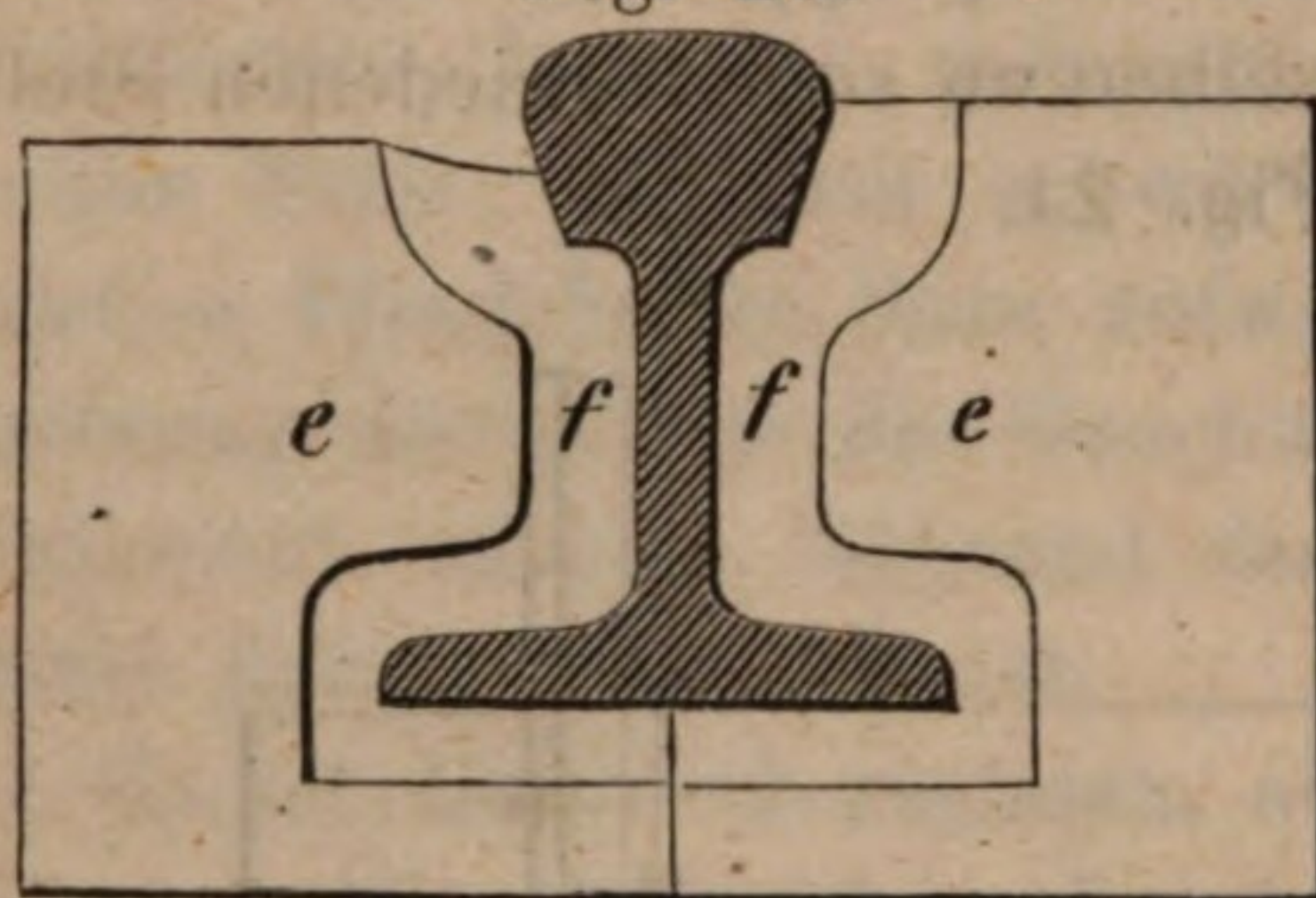
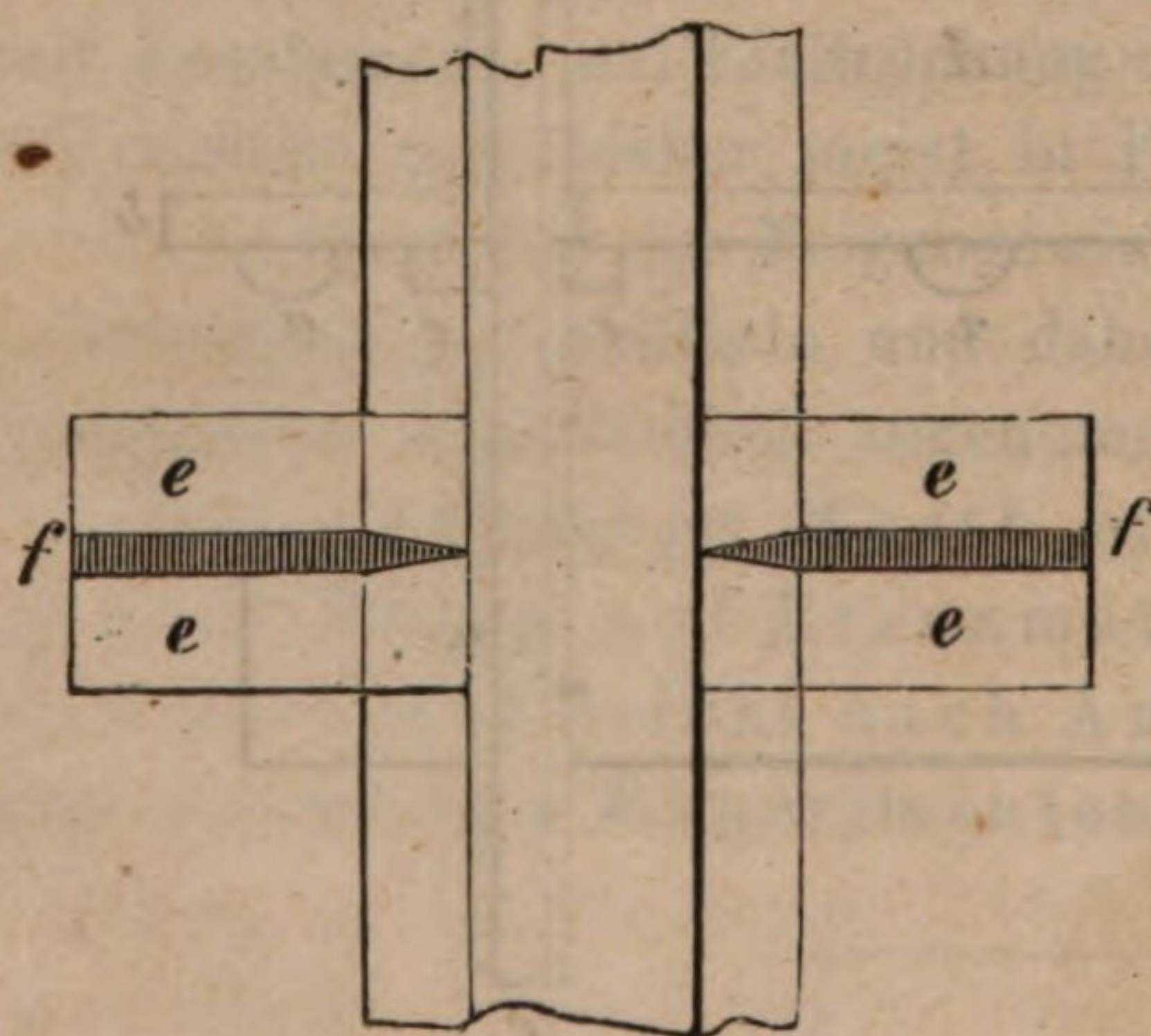


Fig. 27.



An einer Stelle *A* im Gleise (Fig. 24 und 25) wurden die eichenen Pfähle *a, a, a* ca. 1,5 Met. tief fest eingestossen und an denselben die Pfoste *b b* solid festgeschraubt, so dass die Schienen *c c* durch die Einschnitte *d d* der Pfoste frei hindurchlagen. An diese Pfosten wurden nun wieder 2 Holzbacken *e e e e* (Fig. 25, 26, 27), die zwischen sich die Bleiplatte *f f f* (Fig. 26 und 27) trugen, festgeschoben. Diese Bleiplatte ca. 6 Millim. dick, bestand aus zwei Hälften

ten und war dem Schienenprofile, nach Innen zu, genau angepasst und nach der Schiene hin verdünnt oder zuge-
schärft, so dass sie die Schienen überall nur mit einer
Kante von circa 1,5 Millim. Stärke berührte.

War die Vorrichtung aufgestellt, so umschloss die Princip der
Bleiplatte *f f* die Schiene allenthalben, bis auf die Kopf-^{Beobachtung}
fläche und den Raum, der für das Passiren der Spurkränze
erforderlich ist. Da nun die Bleiplatte absolut und unab-
hängig von den Schienen an ihrer Stelle festgehalten war,
so musste diese, bei ihren Bewegungen, einen
freien Raum aus der Platte herausarbeiten, der
am Ende genau der Summe aller Maximalbe-
wegungen der Schienen während eines gewissen
Zeitraumes des Befahrens entsprach und zu-
gleich die Maasse der vertikalen, horizontalen
und kantenden Verdrückungen aller Theile der
Schienen angab, so ein untrügliches Diagramm
derselben liefernd.

Die **Tafeln I—IV** geben in ihren Figuren eine An-
schauung so gewonnener Diagramme in natürlicher Grösse,
die nachstehende Tabelle aber liefert eine Uebersicht der
Bewegungen der Schienen, welche während eines an-
dauernden Befahrens der betreffenden Gleisstellen durch
einen starken Betrieb mittels solcher Vorrichtungen
beobachtet worden sind, wobei zu bemerken ist, dass das
Wetter während der betr. Zeiten meist vortheilhaft war,
tiefe Durchweichungen des Bodens nicht vorkamen
und die Punkte, an denen die Vorrichtungen aufgestellt
wurden, in Strecken mit gutem solidem Untergrunde ge-
wählt worden waren.

Die Verdrückung der Gleise beim Passiren der Züge.

Bahnlinien.	Steigung.	Kurven. Radius in Metern.	Spurweite in Metern.	Ges.-Senkung d. Schiene in in Metern.		Horizontale Ver- drückung des Kopfes in Metern.		Horizontale Ver- drückung des Fusses in Millimetern.		Dar- ge- stellt. Tab.
				rechts	links	rechts	links.	rechts	links	
S. Böhm. Strecke, Stat. 5,24	1:2000	gerade Linie	1,432	7	8,5	+2 —2	+4 —1	—2	—2	
” ” ”	1:2000	”	1,438	8	1,0	+3,5—3,5	+4 —7.	—0,5+1	+1 —3	I.
S. Schles. Strecke, Stat. 11,25	1:140	”	1,439	6,5	1,1	+1 —2,5	+2,5—2,5	+2 —1	+1 —3	II.
” ” ”	1:140	”	1,436	9,5	7	+7 —2,5	+2 —3	+5 —1	+2,5—2,5	III.
” ” ”	1:135	”	1,436	6	5,75	+4,5—0,5	+3,5—2	+2,5—2,5	+3 —2,5	
” ” ”	1:135	”	1,436	10	10	+4,5—1,25	+2,75—3	+3 —0	+4 —1	
” ” ”	?	849,57	1,444	5	4,25	+2 —1,5	+2 —2	+1 —0	+1,5—0	
” ” ”	1:100	390,66	1,466	4,5	6	+4 —0,5	+7 —1	+2,5—1,5	+5 —1	
Dresd.-Chemn. Strecke St. 409	1:100	283,19	1,465	6	6	+6 —2	+8 —1,5	+2,5—2,5	+3 —1,5	IV.
” ” ”	1:40	283,19	1,465	8	5,5	+2 —2	+1 —1,25	+3 —1,5	+1,25—2	V.
” ” ”	1:40	283,19	1,462	9,5	8,5	+4 —0	+2 —5	+3,5—0	+2 —3	VI.
” ” ”	1:100	169,31	1,462	8	9,5	+6,5—0,5	+4 —3	+2,5—0,5	+3 —2	VII.
” ” ”	1:70	169,31	1,468	5,5	6	+4,5—0	+4,5—2	+3 —1	+2,5—1,5	VIII.

Anmerkung. Bei den Angaben der horizontalen Verdrückungen sind die nach innen durch — die nach aussen durch + bezeichnet.

Diese Tabelle ist in Verbindung mit den Diagrammen ungemein instruktiv und giebt fast ganz direkten Aufschluss über den Hergang einer ganzen Reihe von Unfällen, die anscheinend weder aus der Beschaffenheit der Gleise, noch der der Betriebsmittel herzuleiten waren und die daher durch das Geheimnissvolle ihres Auftretens dem Betriebstechniker immer ein mehr oder weniger unheimliches Gefühl einge-
flösst haben.

Aufklärung durch die Tabelle und die Diagramme über geheimnissvolle Unfälle.

Es sind dies die Ausgleisungen auf freien gutgehaltenen Bahnstrecken bei nicht unmässiger Geschwindigkeit und im zulässigen Zustande befindlichen Rädern und Achsen.

Die Diagramme, deren Dimensionen die Tabelle giebt, lehren, dass gleichzeitig bei freier Fahrt in gutgehaltenen Gleisen die wieder spurlos verschwindende Verdrückung des Schienenkopfes, bis 7 Millim. auf der Innenseite einer Kurve betragen kann, während auf der Aussenseite eine solche von 8 Millim. erfolgt. Es ist ferner zulässig, dass die Spurkränze der Räder sich so weit vor dem Abdrehen ablaufen dürfen, dass ihr Spielraum im Gleise von normaler Spurweite von 1,436 Meter, 1 Zoll engl., 25 Millim. betrage; sodann ist eine Erweiterung der Spur in der Gleislage enger Kurven bis zu 25 Millim. statthaft. Bei obigem äussersten Abnutzungsmaasse beträgt die Stärke der Spurkränze, da wo sie an dem Schienenkopfe seitlich anliegen, gemessen, 21 Millim. Die normale lichte Distanz zwischen den Radbandagen ist 1,36 Met.

Gefahrbringende Maassverhältnisse.

Nun giebt es auf vielen deutschen Bahnen noch eine grosse Anzahl von Rädern, deren Bandagenbreite nur 113 Millim. beträgt.

Addirt man Spurkranzdicke, 21 Millim., zur lichten Distanz der Räder, 1,36 Met., zur schmalsten Bandagenbreite, 113 Millim., zusammen 1,494 Met., und zieht dies von der um 15 Millim. durch momentane Verdrückung der Schienenköpfe vermehrten, für enge Kurven zulässigen Spurweite von 1,461 Met. (die somit im Augenblicke des Befahrens 1,476 Met. beträgt) ab, so erhält man noch eine

Auflagenfläche von nur 18 Millim., mit der das eine Rad auf dem Schienenkopfe läuft. Dies ist z. B. im Falle, den das Diagramm Tab. IV darstellt, wirklich eingetreten.

Nun ist aber dieser Schienenkopf mehr oder weniger seitlich abgerundet, an den Aussenseiten der Randbandagen befindet sich eine mehr oder weniger stark angedrehte, oder beim Betriebe angestossene Facette, und es zeigt sich somit, dass nur eine Auflagefläche der Räder auf den Schienen von höchstens 4—5 Millim. dagegen schützt, dass die Räder zwischen die Schienen hineinfallen.

Kommt nun hinzu, dass die Schienen durch Thau und Raufrost oder sonstige Zufälligkeit sehr schlüpfrig sind und die so entstehende Drängung das Gleis noch um dieses kleine schützende Maass erweitert, so ist das Hineinfallen der betr. Achse zwischen die Schienenspur ganz unvermeidlich.

Die Grösse und fortwährende Nähe dieser unerkannten Gefahr ist ausserordentlich beunruhigend und fordert zu Anwendung aller Mittel, durch welche derselben thunlichst begegnet werden kann auf. Unter diesen steht aber die solideste Gleiskonstruktion, vor allem aber die unnachsichtliche Ausrottung der unter 125 Millim. breiten Bandagen ohne Frage oben an.

Die eben dargestellte Sachlage zeigt die auf **Tafel IV** in natürlicher Grösse gegebene Abbildung eines der Experimentdiagramme mit daraufgebrachter Schablone einer Achse, deren Räder mit Bandagen von 113 Millim. Breite bezogen sind.

Solidarität
der Schie-
nenstränge
durch die
Vermittle-
lung der Räder und
Achsen.

Die Tabelle zeigt ferner deutlich, durch die Verdrückungen der Schienenköpfe nach Innen, wie energisch durch die Adhäsion zwischen Schienen und Rad die ersteren von den Bewegungen des letztern mitgeführt werden und endlich, durch die fast gleichmässigen Verdrückungen des Innen- wie des Aussenstrangs der Gleise in Kurven nach Aussen und Innen, dass die Ueberhöhung der Gleise eben so oft Ursache der Vermehrung als der Verminderung der Wider-

stände für die Zugkraft ist, weil eben so oft die derselben Einflüsse der nicht gemässen Fahrgeschwindigkeiten die Fuhrwerke nach Schienen-Innen wie nach Aussen an die Schienen pressen. Damit überhöhung in Kurven. ist aber nicht darauf hingewiesen, dass diese Ueberhöhung zu vermeiden sei, sondern, sie bleibt, trotz dieser ihrer Nachtheil bringenden Eigenschaft, doch eine der wirksamsten Sicherheitsmaassnahmen und eins der erfolgreichsten Mittel zur Verhütung der Verdrückungen der Gleise.

Schluss- und Endresultate.

Nach Zurücklegung der mühsamen Reise durch den Bereich einer ansehnlichen Menge von trocknen historischen Thatsachen und mehr als einem halben Tausend verschiedener Experimenten, gebührt es sich, den Blick rückwärts auf die vielfachen wunderlichen Krümmungen des durchschrittenen Wegs und auf das zu werfen, was wir auf demselben erreicht und gesammelt haben. In der That gleicht er einem jener Pfade durch die Kornebenen Ungarns, auf denen es unbeschreiblich langweilig zu reisen ist, an denen aber zu beiden Seiten reiche Frucht wächst.

Zurückgelegter Weg.

Die historische Betrachtung der Entwicklung aller der Ideen, welche auf die Stabilität der Eisenbahnschienenengleise Bezug haben, bestätigten zunächst die Wahrnehmung der Kultur-Philosophie, dass der Menscheng Geist weit weniger willig sich mit den Verhältnissen des Widerstandes als der Bewegung zu befassen geneigt ist, dass es das konstruktive Talent der grossen Civilisationsperiode, die zwischen der Erfindung der Lokomotive und dem heutigen Tage liegt und deren Charakter die rasche Ortsveränderung ist, beträchtlich mehr anmuthete, sich mit der Schaffung und Verbesserung der bewegenden Organe des Eisenbahnwesens, als Urtheilskraft und Phantasie gleich lebhaft anregenden

Allgemeine Ideen in dem Wahrgenommenen.

Objekten, zu befassen, als auf die mühevollen Thätigkeit der Beschäftigung mit Eigenschaften und Kräften von ruhenden unscheinbaren Elementen desselben einzugehen, die kaum gesehen, am oder im Boden liegen. Es wurde uns daher vorgeführt, dass, nachdem einmal das unabweislich Nothwendigste für die Herstellung des Weges für die neuen Kultur-Bewegungskräfte geschehen war, die Weiterausbildung desselben wesentlich hinter der der bewegenden und bewegten Mechanismen zurückblieb.

Innerhalb des verhältnissmässig zögernden Fortschritts der Ausbildung des Schienenwegs waren aber dabei deutlich die ruckweisen Förderungen des Ganzen zu bemerken, die, wie alle grösseren Erscheinungen im Bereiche der Technik, es durch bedeutende und in umfassenden Kreisen wirksame Menschen erfuhr.

Robert Stephenson gab schon im Jahre 1836 dem Chairs-Oberbau der London-Birmingham Eisenbahn eine Form, an der bis zur Erfindung der Laschenverbindung Nichts wesentlich verbessert worden ist, wie er der Lokomotive den bis auf heutigen Tag nur wenig modificirten Typus verlieh.

Eines der frühesten Patente, welches auf die Konstruktion der Laschenverbindungen vom ausgezeichneten Schüler Stephenson's, Wild, genommen wurde, enthält alle Elemente der vollkommensten Anordnung dieser Kuppelung, zu deren allgemeineren Anwendung die Zeit erst durch unzählige, fast alle vom endlich als richtig Erkannten ableitende, grosse und kostspielige Versuche gekommen ist.

Der Umfang dieser, nur im Bereiche der Eisenbahn-Oberbau-Konstruktion in dieser Weise auftretenden Experimente, ist eine weitere, unsere Aufmerksamkeit fesselnde Erscheinung.

Die allersubjektivsten, oft nur auf ganz allgemeinen Eindrücken, fast Hallucinationen, jener gefährlichen Geistes-thätigkeit, die man „technisches Gefühl“ nennt, beruhenden

Ansichten eines zufällig an die Spitze eines Bahnbaues berufenen Technikers gab dem Oberbau dieser Linie eine von allen bisher vorhandenen, vielleicht nur um Haarbreiten, Papierstärken, Hundertelzollen, aber immerhin abweichende Anordnung, die dann als Experiment von grösster Dimension ins Leben gerufen wurde.

Obgleich nun unzweifelhaft diese grossen Versuche vor unsern Augen die Kenntniss von den Eigenschaften des Eisenwegs erweiterten, so stand doch der dafür gemachte Aufwand ganz ausser Verhältniss zu den gewonnenen Resultaten und die eigentliche Forschung in diesem Bereiche wurde dadurch nicht wirklich vielseitig gemacht, sondern vielmehr in bedauerlicher Weise zersplittert.

Es mag hierin, neben jenen oben aufgeführten psychischen Motiven, mit ein Grund liegen, dass wir dieser Forschung in der Geschichte des Eisenbahnwesens so selten und noch seltener in einer, vom umfassendem Klarblicke und Talente und vom wirklichem Drange, das Wahre zu finden, eingegebenen Form begegnen, dass die nächstliegenden Verhältnisse von grösster Bedeutung, wie alle jene, die sich auf den Zusammenhalt der Gleise beziehen, ohne irgend eingehende Erörterung, fast immer nur nach jenem dunkeln Ermessen und Erwägen gestaltet wurden und unklare Anschauungen und „Modemeinungen“ sich wie Erbkrankheiten fortpflanzen konnten.

Die Traditionen von den Widerstandsfähigkeiten des Bodens in vertikaler und horizontaler Richtung gegen die Einwirkungen des Eisenbahnbetriebs, die unbegründete Annahme von der Stützung der Schienen durch die ganze Auflagefläche der Schwellen, der Haltkraft der Nägel und dergleichen mehr, beherrschten ein volles Menschenalter lang die Konstruktionen des Eisenbahn-Oberbaues, immer wieder an jene berühmte Geschichte von der Adhäsion zwischen Schienen und Rad zum Fortschaffen der Eisenbahnlasten erinnernd, an deren Vorhandensein und Genügen man *a priori* so bestimmt zweifelte, dass man zu ihrem

Ersatz fast zahllose, kostspielige Konstruktionen schuf, bis ein einfacher Versuch lehrte, dass sie vorhanden war!

Grenze der
Leistungs-
fähigkeit der
üblichen
Oberbaukon-
struktion er-
reicht.

Mit grosser überzeugender Kraft aber deutet das fast absolute Stillstehen in der Konstruktion des Schwellenoberbaues **darauf hin, dass wir an der Grenze der Leistungsfähigkeit der Verbindungen von Holz und Eisen und Stein zur Herstellung eines Spurwegs angekommen sind, welcher den immer steigenden Anforderungen der Massenbewegung unserer Tage entsprechen soll.**

An immer zahlreicheren Punkten tauchen die Bestrebungen auf, das weiche, unzuverlässige und leicht vergängliche Material des Holzes aus der Konstruktion des Spurwegs selbst zu entfernen, wie der Stand der Wissenschaft es zu der Herstellung von Brücken für Eisenbahnen, deren Verkehr auf der Höhe der Zeiterscheinung steht, unmöglich gemacht hat. Noch tappt dabei das konstruktive Talent unsicher tastend zwischen der Nachahmung des Schwellenoberbaues, der Steinwürfelbahn und dem kontinuierlichen Träger, die verschiedensten Formen producirend, hin und her, aber für den Klarblickenden und Erfahrenen ist der Brennpunkt gar nicht mehr zu verkennen, in dem alle die verschiedenen Anschauungsrichtungen und Gesichtslinien unzweifelhaft zusammenlaufen müssen.

Fortlaufende
eiserne Trä-
ger einzig
korrekte
Form des
Eisenbahn-
Oberbaues.

Dieser aber ist kein anderer, als die Herstellung des Wegs der Eisenbahnen als kontinuierlicher ohne Vermittelung von zerstörbarem Materiale, oder sonstigen Zwischengliedern auf dem dafür vorbereiteten Erdboden ruhender Träger, dessen Widerstandsfähigkeit den Einwirkungen ebenbürtig ist, welche die kolossale Massenbewegung des Betriebes auf ihn ausübt.

Lassen wir den Blick von der historischen Ermittlung auf die experimentative hinübergleiten, so tritt uns eine überaus auffallende Thatsache entgegen, deren Wunderbarkeit fast nur dadurch noch übertroffen wird, dass

sie so wenig gekannt, noch weniger sorgsam beachtet worden ist:

Dass schon seit mehr als einem Menschenalter die Transportmassen der Eisenbahnen, alle die kraftvollen und schnellen Maschinen, die zahllosen Fuhrwerke auf Wegen hinrollen, deren Geschmeidigkeit so gross ist, dass jedes Rad eine Welle in dieselben drückt, dass sie jede Schwankung der Fuhrwerke in der Horizontalen verschiebt, und deren ganzer Zusammenhalt, in so weit er von der Widerstandsfähigkeit ihrer mechanischen Organe abhängt, im Verhältnisse zu den Einwirkungen, welche die Fuhrwerke darauf äussern, ein so unzureichender ist, dass fast jede jener Einwirkungen ihn bis an die Grenzen höchster Gefahr anstrengen, ja zerstören **müsste**, wenn nicht jedes Fuhrwerk in seiner und der Last, die es trägt, erst das kräftigste Agens für den Zusammenhalt unserer Gleise, **die Reibung**, mit sich brächte, überall so ein Unzulängliches antreffend und ein Unzulängliches hinter sich lassend.

Es wäre der Technik und der Techniker unwürdig, wenn sie hierauf einwenden wollten, dass durch eben dieses Menschenalter hindurch, die Verkehre sich doch ganz erträglich sicher auf diesen biegsamen Strassen, deren Widerstandsfähigkeit die transportirten Massen gleichsam erst mit sich bringen, bewegt haben, dass es gleichgültig sei, woher die Widerstandsfähigkeit rühre, wenn sie nur zu rechter Zeit oben vorhanden sei.

Es liesse sich eben so gut behaupten, dass die Nähe einer gewissen Pulverfabrik nicht gefährlich sei, weil dieselbe innerhalb 35 Jahren nur sehr selten in die Luft geflogen sei!

Die experimentative Ermittlung hat gelehrt, dass, unter Verhältnissen, jenes Hauptelement des Zusammenhalts unserer Spurbahnen, **die Reibung**, durch die

Die durch Belastung der Fuhrwerke zur rechten Zeit **nicht** Reibung erzeugte Stabilität nicht immer vorhanden. immer da sei, dass die Belastung eines Punktes der Bahn im vollen Betriebe mit schwersten Massen fast ganz verschwinden könne, das Gleis dann jeder verschiebenden und verdrückenden Einwirkung fast haltlos preis gegeben sei, dass eine grosse Anzahl verhängnissvoller Vorfälle, deren Erklärung die Technik bisher schuldig blieb, oder auf Vermuthungen basirte, eben aus dem Umstande erwachse, dass der bei weitem grösste Theil der Stabilität unserer Eisenbahngleise von der Wirkung der Belastung derselben abhängt und daher nicht einen Augenblick die Sicherheit von Seite dieser Stabilität her, gewährleistet sei.

Die experimentative Ermittlung weist ferner zur Evidenz nach, dass die mechanischen Organe, die man in der grossen Praxis zur Herstellung eines aus hölzernen Schwellen und eisernen oder stählernen Schienen bestehenden Gleisganzen anwenden kann und bisher angewendet hat, in keiner ihrer Formen und Kombinationen die Möglichkeit gewähren, aus ihnen eine solche Verbindung zu gestalten, die **an sich** widerstandsfähig genug wäre, um den zufälligen, verdrückenden und verschiebenden Einwirkungen der bewegten Massen auch dann mit Glück begegnen zu können, wenn sie der Hülfe der Reibung und Belastung momentan entbehren müssen.

Der Weg nach der Wahrheit, den wir mit den experimentativen Ermittlungen betreten haben, führt daher mit zwingender Ueberzeugungskraft genau zu demselben Resultate hin, das wir uns durch die historische Betrachtung der Entwicklung der Oberbau-Konstruktion und ihrer Organe gewonnen hatten.

Dies aber drückt sich in dem schon oben aufgestellten Oberbau-
konstruktion
der Zukunft.
Satze aus:

Die Elemente der Gleiskonstruktion aus Holz und Eisen sind an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit allenthalben angelangt und wird ein der Massenbewegung unserer und der kommenden Zeiten entsprechender Spurweg nur durch dessen Konstruktion in Gestalt eines fortlaufenden, einfach angeordneten, verhältnissmässig unbiegsamen, durch den Einwirkungen des Betriebs gewachsene Organe vereinigten Doppelträgers, der, ohne vermittelnde Elemente, direkt auf geeignet vorbereitetem Boden liegt, herzustellen sein.

Anhang.

Experimentative Ermittlungen über den Wechsel der Belastung der Lokomotivachsen beim Betriebe.

Maximal-
werthe der
Einwir-
kungen des
Betriebes auf
die Gleise.

Es ist natürlich für Ermittlungen über die Stabilität der Eisenbahngleise von grösster Bedeutung, ein klares Bild von der Art und dem Maasse der Einwirkungen zu erhalten, denen sie unter den Vorgängen des Betriebes ausgesetzt sind.

Für die Konstruktion kommt es dabei hauptsächlich auf die Gewinnung gewisser Maximalmaasse an.

Die Gleise werden aber in doppelter Weise in Anspruch genommen:

Erstens durch den Druck unbewegter, die Schienen an verschiedenen Punkten an den Aufruhestellen der Räder pressender Lasten.

Nichts ist leichter, als die Einflüsse zu ermessen, die durch die ruhenden Lasten auf das Gefüge der Eisenbahngleise erfolgen.

Es ist dies daher auch vollkommen erschöpfend auf theoretischem und praktischem Wege geschehen.

Zweitens werden aber, und zwar in weit erhöhterem Maasse, die Eisenbahngleise durch die Einwirkungen der bewegten Lasten beansprucht.

Die theoretische Erörterung der betreffenden Erscheinungen muss dem sofort als müssiger Aufbau unmotivirter Voraussetzungen und trüglicher Schlüsse erscheinen, der die Complicirtheit jener Einwirkungen kennt.

Der einzige Weg, auf dem zu einer Anschauung ihrer Form und ihres Maasses zu gelangen, der experimentative ist so gut wie noch gar nicht betreten worden.

Die Einwirkungen der bewegten Lasten (Fuhrwerke) auf das Gefüge der Eisenbahngleise bestehen, wie schon mehrfach im Verlaufe dieser Schrift erwähnt:

1. in solchen, welche horizontal verschiebend auf das Gleis wirken; Art der Einwirkungen.
2. in solchen, welche die Schienen umzukanten trachten;
3. in solchen, welche die Schienen vertikal niederzupressen bestrebt sind.

Wir haben ferner, als eines der Hauptresultate der dargelegten umfassenden Untersuchungen, den Satz kennen gelernt, dass ein Hauptelement des Zusammenhalts der Gleise, jetzt üblicher Form, die Reibung ist, welche sich durch die Belastung der Gleise zwischen den Organen derselben erzeugt.

Dabei müssen wir in das Gedächtniss zurückrufen, dass wir hieraus am geeigneten Orte den Schluss zogen: wenn eine mehr oder weniger bedeutende Entlastung einer Gleisstelle, durch eine Vertikalschwingung eines Fuhrwerkes (Einwirkung oben unter 3.), gleichzeitig mit einer lateralen Schwingung desselben (Einwirkung oben unter 1 und 2) erfolgt, die Lösung des Gefüges der betreffenden Gleisstelle, oder einer Verdrückung derselben im Boden, die nothwendige Folge dieser Erscheinung sein müsse.

Es galt zu Erledigung der einschlagenden Fragen der Stabilität, nur den obern Widerstandsmaassen die entsprechenden Einwirkungsmaasse gegenüber zu stellen.

Zur Vereinfachung der betreffenden Erörterungen ist es zulässig, sich in der Lokomotive, dem schwersten und mit concentrirtesten Massen wirkenden Fuhrwerke, das

sich üblicher Weise auf Eisenbahnen bewegt, den Urheber des Maximalmaasses dieser Einwirkungen vorzustellen, obwohl es dem praktischen Eisenbahntechniker bekannt ist, dass, unter Verhältnissen, Vehikel, die eine gleiche Gleislänge mit weniger Gewicht drücken, energischere Einwirkungen auf das Gleis ausüben können, wie die Maschinen selbst. (Wir erinnern hierbei nur an die langen achträderigen Güterwagen mit Trucks von sehr kurzem Radstande, an gewisse Tender mit hochliegendem Schwerpunkt, die Kohlenhunte der Sekundärbahnen etc. etc.)

Zur Erhaltung von Thatsachen über die Maximalwirkungen auf die Gleise sind daher vom Verfasser nur Versuche mit Lokomotiven angestellt worden.

Schwierige
Ermittlung
lateralen
Pressungen.

Es ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft (von beträchtlichen Kosten abgesehen), auf experimentativem Wege Werthe der Einwirkungen zu erhalten, mit denen die Räder der Lokomotiven beim Eintritte in Kurven, bei Horizontal-oscillationen und beim Durchfahren der Ausweichungen und Kreuzungsstücke die Schienen, seitlich verschiebend oder umkantend, pressen und hat nach einigen missglückten Anfängen von Anstellung in dieser Richtung gehenden Erörterungen abgesehen werden müssen.

Um so verdienstvoller würde es für den, mit umfassenden Mitteln Ausgerüsteten bleiben, dieselben zu erneuern und Apparate zum Ziel leitender Ausführung zu konstruiren.

Etwaige Methoden der
Versuche
über laterale
Pressungen.

Zur Zeit scheint es wenigstens angenäherte Resultate zu versprechen, wenn man die Achslager einer Inside-Maschine, an der dieselben aussen liegen, dergestalt konstruiren wollte, dass sie dem Achszapfen ein nicht unbedeutliches seitliches Spiel gestatteten. Würde dann die Richtung der Maschine auf den Achslagern durch sehr starke, an dieselbe angeschraubte Federn erhalten, die mittels durchgehender Stifte auf das Körnermittel der Achsschenkel drücken, so müssten die Zusammenpressungen dieser Federn, deren Maximalwerth sich durch entsprechende

Vorrichtungen ermitteln liesse, ein Bild wenigstens der Kräfte gewähren, mit denen die Masse der Maschinen auf die Räder und daher auch seitlich auf die Schienen wirken.

Immerhin würde hierzu eine nicht ganz unbeträchtliche Umgestaltung einer Lokomotive gehören, zu der, obwohl höchst dankenswerth und lohnend, Eisenbahnverwaltungen sich, um wissenschaftlicher Zwecke willen, nur schwer verstehen werden.

Weit leichter war bei denjenigen Erörterungen zum Ziel zu kommen, welche zum Zweck haben, Maasse für die Maxima und Minima zu gewinnen, mit denen die Räder der Maschine das Gleis in vertikaler Richtung pressen. Erörterung
der Vertikal-
Pressungen.

Die Maxima sind von grosser Wichtigkeit in Bezug auf die richtige Anschauung der zweckentsprechenden Stärkeverhältnisse der Oberbau-Konstruktion.

Von noch weit grösserer Bedeutung aber sind die Minima, da sie lehren, in wie weit man nur, in allen Fällen, auf die Mitwirkung der Reibung, welche durch die Belastung der Fuhrwerke erzeugt wird, für den Zusammenhalt der Gleise rechnen kann.

Die Tragfederungen der Maschine bieten die zweckmässigsten Apparate für die Anstellung dieser Erörterungen dar, die in folgender Weise erfolgen.

Sechs Stück sechsrädrige Lokomotiven, von denen 5 für gemischten Dienst, mit 4 gekuppelten 5 füssigen Rädern und einer Vorderlaufachse, die sechste für den Schnellzugdienst mit 1 Triebachse und $5\frac{1}{2}$ füssigen Rädern konstruirt, wurden mit Wasser und Kohlen zum Dienste fertig, aufmerksam durchjustirt, auf ein genau horizontalgelegtes Gleis gebracht und die auf jeder ihrer Achsen ruhende Last, mittels Ehrhardt'scher Achsenwaagen, sorgsam ermittelt. An die Rahmen dieser Maschinen, über den Hinter- und Vorderachsenfedern wurden nun, kräftig aus Stahl hergestellte, federnde Schaber angeschraubt, die mit einer 20 Millim. breiten, gehärteten Schneide auf Platten schabten, welche auf die Federgurte aufgebracht waren. Methode der
Erörterungen.

Der Stand der Schneiden dieser Schaber wurde auf den betreffenden Platten im obigen Normalruhestande der Maschine, als Nullpunkte für die Beobachtungen, genau markirt.

Wurden nun die Maschinen in Gang gebracht, so war es evident, dass die Schaber, je nachdem die Federn bei den Bewegungen der Fahrt spielten, die Belastungen der Federn, welche über die Normale hinausgingen, durch Einwirken in die Platten unter dem Normalstriche, die Verminderungen der Belastungen aber oben über dem Normalstriche markiren mussten.

Die letzte Spur dieser Einschabung nach unten und oben gab daher die Maasse an, um welche die Feder bei der stärksten Be- und Entlastung zusammengedrückt worden war.

Diese Schaber liess man einen vollen Monat lang bei allem Dienst der betreffenden Maschinen in Wirksamkeit, worauf die Platten genau die Maxima und Minima der Durchbiegungen, die sie in dieser Zeit erlitten hatten, nachwiesen.

Nahm man nun diese Federn los und brachte sie unter eine Hebelpresse, so liess sich mit grosser Schärfe das Maass des Druckes ermitteln, das zu ihren verschiedenen Durchbiegungen erforderlich gewesen war.

Resultate der Experimente Dieses, plus dem Gewichte der betreffenden Achse nebst Rädern, hatte im Momente, wo der Schaber die betreffende Stelle markirt hatte, auf dem betr. Gleispunkte geruht.

Diese Thatsachen lassen sich nicht anzweifeln.

Die hiernach stehende Tabelle giebt eine übersichtliche Zusammenstellung der Resultate der betreffenden Experimente.

notiven.

Name und (	Gemessene Ruhe-Belastung.		Grösste Belastung		Grösste Entlastung		Differenz	
	Centner.	Durchbiegung gung.	Centner.	Durchbiegung gung	Centner.	Durchbiegung gung	der grössten u. kleinsten Durchbiegung.	der grössten und kleinsten Belastung.
		Millim.		Millim.		Millim.	Millim.	Ctr.
1) Ceres, gemischt vor der sige gek Zoll Cyl Pfund D	70 112	37 68	160 170	12 55	18 50	53 78	41 23	142 120
2) Tellus;	70 108	32 32	130 160	14 17	20 50	51 47	37 30	110 110
3) Vulkan	78 115	27 71	160 200	7 54	10 50	51 88	44 34	150 150
4) Mandau	72 117	39 43	150 165	17 29	5 50	62 58	45 29	145 115
5) Ehrens	78 114	53 39	140 180	35 25	45 30	66 58	31 33	95 150
6) Prometh maschine Treibräde der Feuer linder, 2 Dampfspa	99 135	20 21	175 160	0 16	30 105	45 29	45 13	145 55
v. Weber,								

Zu Se

Betriebe betreffend.

Nam de	Breite der Lagen. Millim.	Normale Belastung. Cent.	Durch- bie- gung. Millim.	Grösste Be- lastung. Cent.	Durch- bie- gung. Millim.	Grösste Entlastung. Cent.	Durch- bie- gung. Millim.	Differenz zwischen grösster Be- und grösster Ent- lastung. Centner.
1) C e für Dien geku räder 16 24	90 90	70 112	37 68	160 170	12 55	18 50	53 78	142 120
2) Tel chen	90 90	70 108	32 32	130 160	14 17	60 50	51 47	70 110
3) Vul	90 90	78 115	27 71	160 200	7 54	10 50	51 88	150 150
4) Mar	95 95	72 117	39 43	150 165	17 29	5 50	62 58	145 115
5) Ehr gleic	90 90	78 114	53 39	140 186	35 25	45 30	66 58	95 150
6) Pro zugm sechs 4 Lau hinte 15 Z 22 Z	95 95	99 135	20 21	175 160	0 16	30 105	45 29	145 55

Aus den Zahlen dieser Tabelle lassen sich folgende Schlüsse, deren Werth gar nicht hoch genug, von den Technikern sowohl, welche mit der Konstruktion von Eisenbahngleisen beschäftigt sind, als von denen, welchen die Beaufsichtigung der Bahnen in polizeilicher Hinsicht übertragen ist, angeschlagen werden kann, und die dem Eisenbahnunfälle Untersuchenden bedeutsame Winke an die Hand geben, endlich aber auch dem Konstrukteur von Lokomotiven die Richtung bezeichnen, in der diejenige Anordnung der Lokomotivorgane zu finden ist, welche die meiste Sicherheit gegen Entgleisungen bietet.

1. Die sechsrädrigen Lokomotiven schwingen bei der Bewegung bekanntlich über ihre Mittelachse, wie über einen Waagedrehpunkt, nickend von hinten nach vorn oder umgekehrt. Die Belastungen der Vorder- und Hinterfedern wechseln, diesen Schwingungen gemäss, mithin auch die Pressungen, mit denen die Vorder- und Hinterräder die Schienen drücken. Wechsel der Belastungen der Räder.
2. Die grösste Belastung, welche auf diese Weise die Federn bei den Bewegungen der Maschinen erlitten, überstieg die Normale Maxima der Belastung.
bei den Vorderfedern um 103 Proc. (von 70 auf 160 Cent.),
bei den Hinterfedern um 74 Proc. (von 115 auf 200 Cent.) pro Feder.
3. Diese Belastungen gingen daher weit über das Maass hinaus, welches die „Grundzüge für die Gestaltung der Eisenbahnen Deutschlands“, mit 130 Cent., als höchste zulässige pro Rad bezeichnen. Ueberschreitungen der Belastungen.
Die Widerstandsfähigkeit des Oberbaues wird daher fernerhin unzweifelhaft unter Zugrundelegung dieser hohen Werthe der Pressung unter den Rädern zu berechnen sein.
4. Die Belastung der Federn vermindert sich, Minima der Belastung.
unter den Einflüssen des Betriebs, zuweilen

bei den Vorderfedern bis auf 0 Proc.

(von 99 — 0 Cent.),

bei den Hinterfedern bis auf 26 Proc.

(von 114 — 30 Cent.)

der Normalbelastung.

Die Verminderung, ja Vernichtung der Belastung der Vorderfedern ist überraschend und kömmt in ihrer Wirkung einer zeitweiligen vollständigen Entlastung des Gleispunktes, wo die Vorderachse ruht, gleich.

Wirkungen
der ermittel-
ten Thatsa-
chen.

Das Vorhandensein der oben von uns theoretisch und *a priori* angenommenen Erscheinungen bei den Bewegungen der Fuhrwerke, durch welche die Verdrückung der Gleise herbeigeführt worden, tritt uns hieraus in Wirklichkeit entgegen.

Vorhanden ist die fast vollkommene Entlastung von Gleispunkten, über denen sich im Augenblicke Fuhrwerksräder befinden.

Vorhanden sind die, momentan viel stärkern Belastungen der Räder, als die, worauf das Oberbau-Gefüge konstruirt war.

Vorhanden sind daher ferner die horizontalen Oscillationen der Fuhrwerke, zunächst verursacht durch einseitige vertikale Schwankungen derselben.

Vorhanden ist daher die grösste Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens einer solchen Entlastung eines Gleispunktes mit einer gleichzeitigen Horizontaloscillation, wo dann das, blos auf die völlig ungenügende Stabilität seines mechanischen Gefüges angewiesene Gleis, der Horizontalwirkung unter Zerstörung oder Verschiebung dieses Gefüges nachgeben muss.

Die in dieser Schrift enthaltenen Experimente über die Stabilität des Zusammenhalts der Gleise, in Verbindung mit den über den Wechsel der Belastung der Achsen, weisen daher die bisher nicht aufgeklärten Ursachen der Gleis-

verdrückungen und Verschiebungen in nicht ferner anzuzweifelnder Weise nach.

5. Die Differenz der Belastungen, welche zu verschiedenen Zeiten auf derselben Feder ruht, wechselt häufig um mehr als 200 Proc. der Normalbelastung bei den Vorderrädern und selten mehr als 40 Proc. bei den Hinterrädern, was darauf hindeutet, dass der eigentliche Schwerpunkt, um den die Masse der Maschine bei dem Nicken derselben oscillirt, zwischen Treib- und Hinterachse, nicht über der ersteren liege.

Differenz des Wechsels der Belastung bei Hinter- und Vorderrädern.

6. Die bisweilen in den ausgedehntesten Grenzen erfolgenden Ueber- und Entlastungen der Vorder- und Hinterfedern kam bei der Maschine vor, bei der man, vermöge ihrer Konstruktion, besonders der Lage des schwingenden Theils zwischen den Achsen, diese Erscheinung am wenigsten zu vermuthen gehabt hätte, auch bestrebt gewesen war, sie durch die Konstruktion zu vermeiden. Es war dies die Schnellzugmaschine „Prometheus“, bei der die Länge des Radstandes von der des Kessels wenig differirte und bei der die vollständige Entlastung der Vorderachse und eine Abminderung der Belastung der Hinterachse bis auf 105 Centner (77 Proc. der Normalbelastung) eintrat.

Grösster Wechsel der Belastung bei der Schnellzugmaschine.

Es deutet dies sehr kategorisch auf die Gefahren hin, die mit starker Belastung der Treibachse, wenn dieselbe unter der Mitte der Maschine liegt, in Bezug auf die Erleichterung der Ausgleichungen von Maschinen, die diese Konstruktion besitzen, verknüpft sind.

Vermehrung der Gefahr der Ausgleichung.

Das Wachsen dieser Gefahr gleicht die Abminderung jener aus, die aus der Anwendung gekuppelter

Räder für schnell bewegte Maschinen vielleicht hergeleitet werden könnte¹⁰⁾).

Relative Frequenz der Belastungsmaasse.

Es war nun von Wichtigkeit, eine ungefähre Vorstellung davon zu gewinnen, **wie häufig diese verschiedenen Maasse von Belastungen und Entlastungen** gegen die Normale etwa eintreten.

In glücklicher Weise wurden hierzu die Vertiefungen benutzt, welche in oben beschriebenen Schaber in die Platten gearbeitet hatte, auf denen sie das Spiel der Federn markirten.

Neue Methode der Erörterung dieser Maasse.

Da diese Schaber von gutem Stahl, gehärtet, schneidig und mit ziemlicher Federkraft an die Platten gepresst waren, diese aber aus durchaus homogenem Material bestanden, so waren die Maasse der Vertiefungen, welche die Schaber an den verschiedenen Stellen der Spielhöhen der Feder in die Platten gearbeitet hatten, genau genug proportional der Anzahl der Spiele, welche die Feder unter der entsprechenden Belastung gemacht hatte.

Diagramme dieser Frequenz.

Die so erscheinenden ausgearbeiteten Kurven wurden, mittelst einer geeigneten Pantographenvorrichtung, 10 Mal in ihrer Höhe, 5 Mal in ihrer Länge vergrössert und so die auf **Tafel IX** dargestellten Diagramme gewonnen, deren Abscissenlängen die Belastungen der Federn, deren Ordinatenhöhen die proportionale Anzahl der Schwingungen ausdrücken, welche die Maschine unter der entsprechenden Belastung der Federn gemacht hat.

Tafel IX giebt vier solcher Diagramme, welche die Erscheinungen an Hinter- und Vorderfedern an den Lokomotiven „Ceres“ und „Tellus“ (Nr. 1 und 2 obiger Tabelle) darstellen.

10) Schon oben erwähnten wir die Füglichkeit, dieser Entlastung und Ueberlastung der Achsen durch Anwendung von Balanciers zwischen denselben zu begegnen, zugleich mit den begründeten Bedenken, welche gegen diese Vorrichtungen, besonders bei schnell bewegten Maschinen, von ausgezeichneten Konstrukteuren erhoben worden sind.

Die Verschiedenheit der Form der Bewegungen der Hinter- und Vorderfedern fällt, trotz deren gleicher Länge, hier sofort in die Augen. Natur der Diagramme.

Die Diagramme der Vorderfedern sind lang gestreckt, Entlastungen kommen nicht viel seltener vor als Ueberlastungen, während die der Hinterfedern, kurz zusammengedrängt, stärkere Ueberlastungen, als Entlastungen, und die Extreme als sehr selten eingetreten, markiren.

Bei den Vorderfedern der Maschine Nr. 1, „Ceres“ z. B., haben weitaus die meisten Schwingungen Entlastungen von 70 auf 44,6 Centner hervorgebracht, bis zu circa 25 Centner ereignen sie sich auch nicht selten, während die bis zu 18 Centner nur wenige Male vorgekommen scheinen; Ueberlastungen bis 86,3 Centner sind auch sehr häufig, von da ab fällt ihre Zahl in schlanken, stätigen Kurven bis zu dem sehr selten aufgetretenen Extrem von 160 Ctr.

Die Extreme sind fast immer nur durch einen oder einige Schaberstriche angedeutet. Die Hinterfeder der „Ceres“ hingegen zeigt eine eben so häufige Ueberlastung von 112 auf 139,5 Centner, als eine Entlastung bis zu 107 Ctr. Der Uebergang von Ueberlastungen von 139,5 — 149,7 Ctr. ist sehr steil, die weiteren Ueberlastungen sind offenbar eben so selten vorgekommen wie die Entlastungen zwischen 78 und 50 Centner. In gleicher Weise lehrreich sind die an der Maschine der „Tellus“ gewonnenen Diagramme.

Nutzanwendungen.

Ueberblickt man nun kritisch die eben dargelegten Erörterungen über die Ueberlastung und Entlastung der Lokomotivenachsen bei den Bewegungen des Betriebes, in Verbindung mit den umfassenden Ermittlungen über die Stabilitätsverhältnisse der Gleise und ihre Verbindungen, so tritt uns zunächst der Eindruck einer **bedeuten-**

den, stets imminenten Gefahr entgegen, der nur auf zwei Wegen wirksam vorzubeugen ist:

Den Erörterungen entsprechendes Oberbausystem.

Entweder durch Adoptirung eines Oberbausystems, das in seiner Längsrichtung so steif ist, dass es die Belastung der Schiene wirksam genug auf hinlänglich grosse Distanzen überträgt, um lokale Entlastungen des Oberbau-Gefüges unschädlich zu machen;

Den Erörterungen entsprechendes Fuhrparksystem.

Oder durch Adoptirung eines Fuhrparksystems, das die momentane Entlastung einzelner Achsen unmöglich macht, oder doch bis zur Gefahrlosigkeit abmindert.

Die vollkommenste Ableitung der in Rede stehenden Quelle von Gefahren wird natürlich durch gleichzeitige Anwendung beider Mittel erfolgen können.

Keines der zur Zeit üblichen Oberbausysteme, das aus einer Zusammenfügung aus Schienen und Holz oder Steinwürfel oder Eisenquerschwellen besteht, entspricht der ersten Bedingung. Die Schiene keiner der gebräuchlichen Konstruktionen dieser Art ist steif genug, um die Pressionen, die auf ihr ruhen, zu Erzeugung genügender Reibung im Gefüge des Oberbaues energisch genug auf eine entsprechende Distanz zu übertragen.

Oberbau als Steifen-Langträger. Hartwich's System.

Wohl aber ist dies der Fall bei den Langträgerkonstruktionen der ganz eisernen Oberbausysteme, und unter diesen ist es wieder das Hartwich'sche, das mit seiner grossen Stabilität gegen Biegung in vertikaler Richtung allen Erfordernissen Genüge leistet, die aus der Gesammtheit der vorstehenden Erörterungen in Bezug auf Stabilität der Gleise, auch in horizontaler Richtung, hergeleitet werden können, indem es die Pression aller Theile des Gleises gegen den Boden, gleichviel ob einzelne Punkte desselben mehr oder weniger momentan entlastet werden, zu einer fast völlig gleichförmigen unter der ganzen Ausdehnung eines Fuhrwerkes oder Zuges macht.

Dadurch ist gegen seitliche Verschiebung im Boden Gewähr geleistet, abgesehen davon, dass das System auch durch die Lagerung des Trägers im Boden dessen Richtung in der Horizontale mehr als jedes andere sichert.

Der zweiten Anforderung wird mit sechsrädrigen Fuhrwerken, besonders sechsrädrigen Lokomotiven, niemals im entsprechenden Maasse Genüge zu leisten sein, da bei diesen stets die Füglichkeit vorliegt, über dem Drehpunkt der Mittelachsen oscillirend die Belastung der Hinter- und Vorderachse wechseln zu lassen.

Das vierräderige Fuhrwerk, die vierräderige Lokomotive, ist von dieser Eigenschaft frei; bei nicht ganz widersinniger Konstruktion ist es durchaus unmöglich, dass die Belastung einer solchen Maschine sich in einen, die Stabilität des Gleises durch Abminderung der Reibung wesentlich beeinträchtigenden Maasse, reduciren könnte. Es ist dies eins und nicht das am leichtesten wiegende der vielen Motive, welche auf allgemeinere Einführung dieses Lokomotivsystems hinweisen, das die Erfahrung und die Vorführung gelungener Konstruktionen immer mehr von den eingebildeten Makeln befreien, mit denen theoretisirendes Vorurtheil und der Schlendrian der Meinungen es behaftet hatte.

Die vierräderige Lokomotive.

Es ist daher als Schlussresultat vorstehender Erörterungen zu äussern:

dass ein, aus fortlaufenden vertikalsteifen Langträgern bestehendes, mit vierräderigen Fuhrwerken befahrenes Gleis, die grösste Garantie für die Sicherheit, in Bezug auf die Stabilität des Gleises im Boden und die Führung der Fuhrwerke im Gleise, biete.

Verlag von Bernh. Friedr. Voigt in Weimar.

M. M. Freih. von Weber,
Staats-Eisenbahndirektor etc.

Das Telegraphen- und Signalwesen der Eisenbahnen.

Geschichte und Technik desselben.

Mit einer lithographirten Tafel.

gr. 8. Geh. 2 Thlr. 7½ Sgr.

Die Haftpflicht der Eisenbahnen

oder das Recht in Bezug auf Unfälle und Unregelmäßigkeiten beim Eisenbahnbetriebe

in England.

(*The law relating to Railway Accidents.*)

Von Henry Andrews Simon,
Advokaten am Middle temple zu London.

Deutsch von M. M. Freih. von Weber,
Königl. Sächs. Finanzrath und Staats-Eisenbahndirektor etc. etc.
gr. 8. Geh. 24 Sgr.

Praktische Anleitung zum

Traçiren der Eisenbahnen.

Von

Jos. Stummer Ritter v. Traunfels,
Ingenieur der Kaiser Ferdinands-Nordbahn.

Mit 4 Tafeln enthaltend 34 Abbildungen.

gr. 8. Geh. 1 Thlr. 10 Sgr.

Clem. Pfeiffer,

Vorstand des Königl. Sächs. Telegraphen-Bureaus in Zittau,

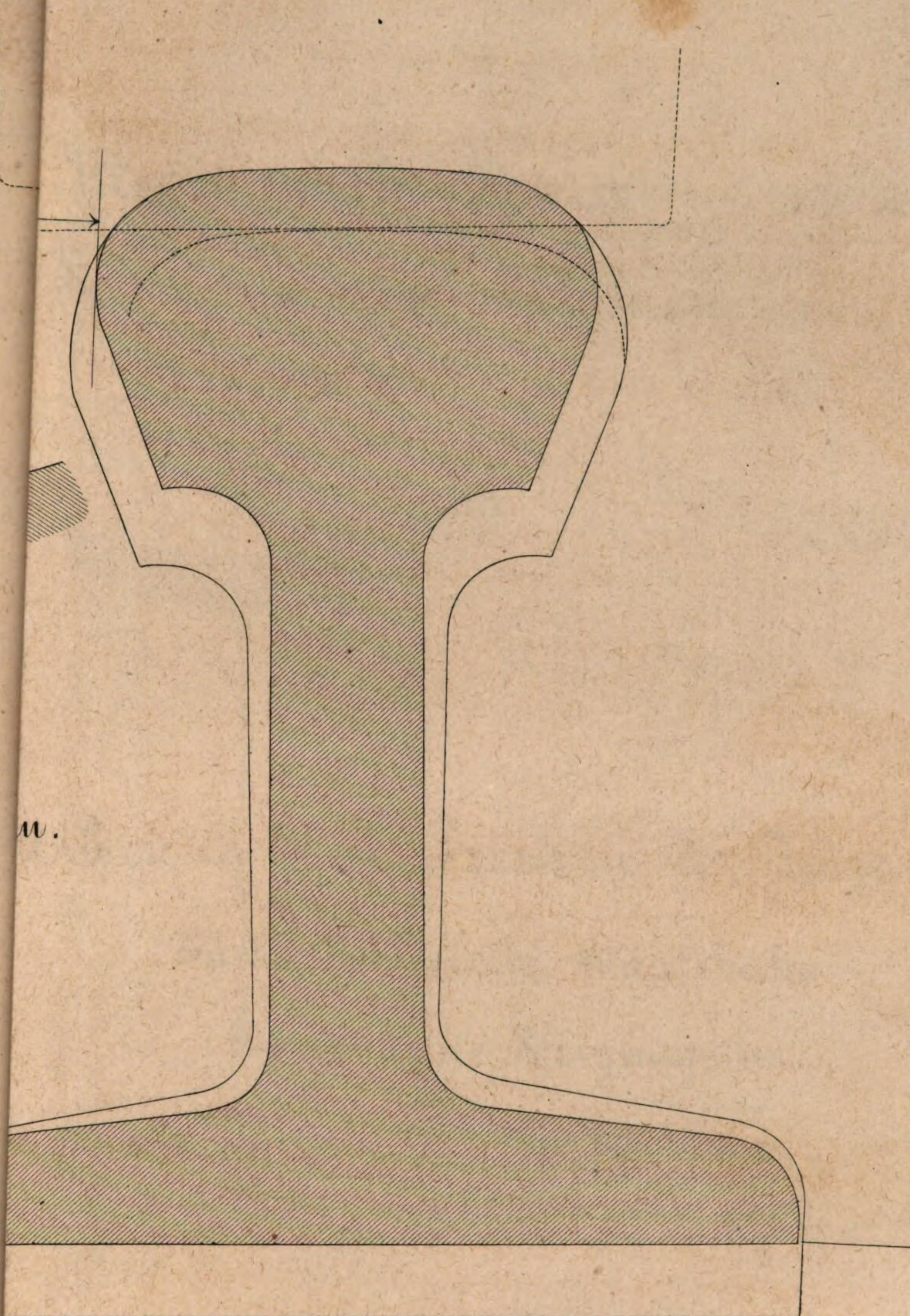
Handbuch der elektro-magnetischen Telegraphie nach Morse'schem System.

Ein theoretisch-praktischer Leitfaden für angehende Telegraphisten, Eisenbahnbeamte, Techniker, Freunde der Physik und das gebildete Publikum.

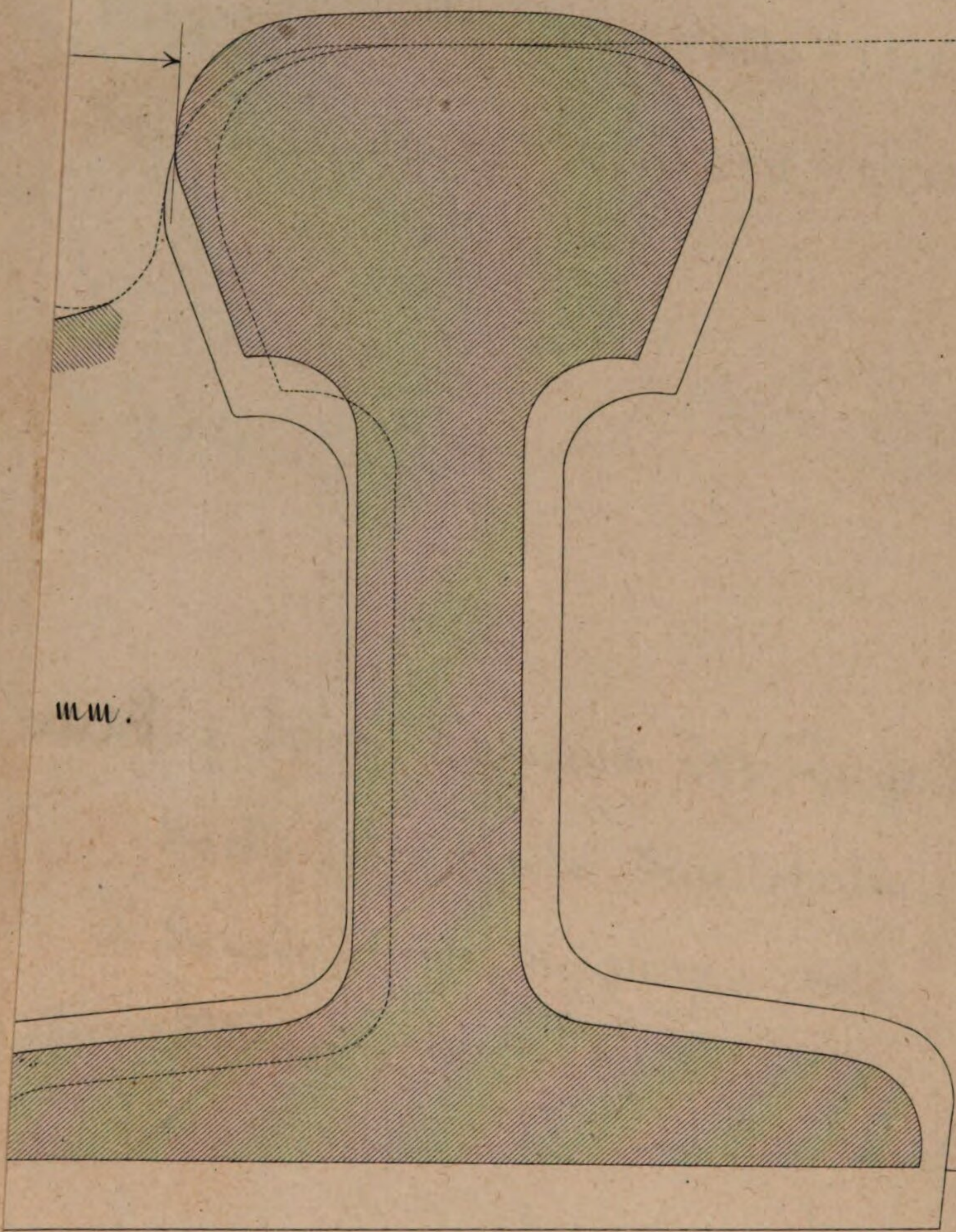
Mit einem Atlas von 16 Tafeln, enthaltend 168 Abbildungen.
8. Geh. 2 Thlr. 7½ Sgr.

Druck von Bernh. Friedr. Voigt in Weimar.

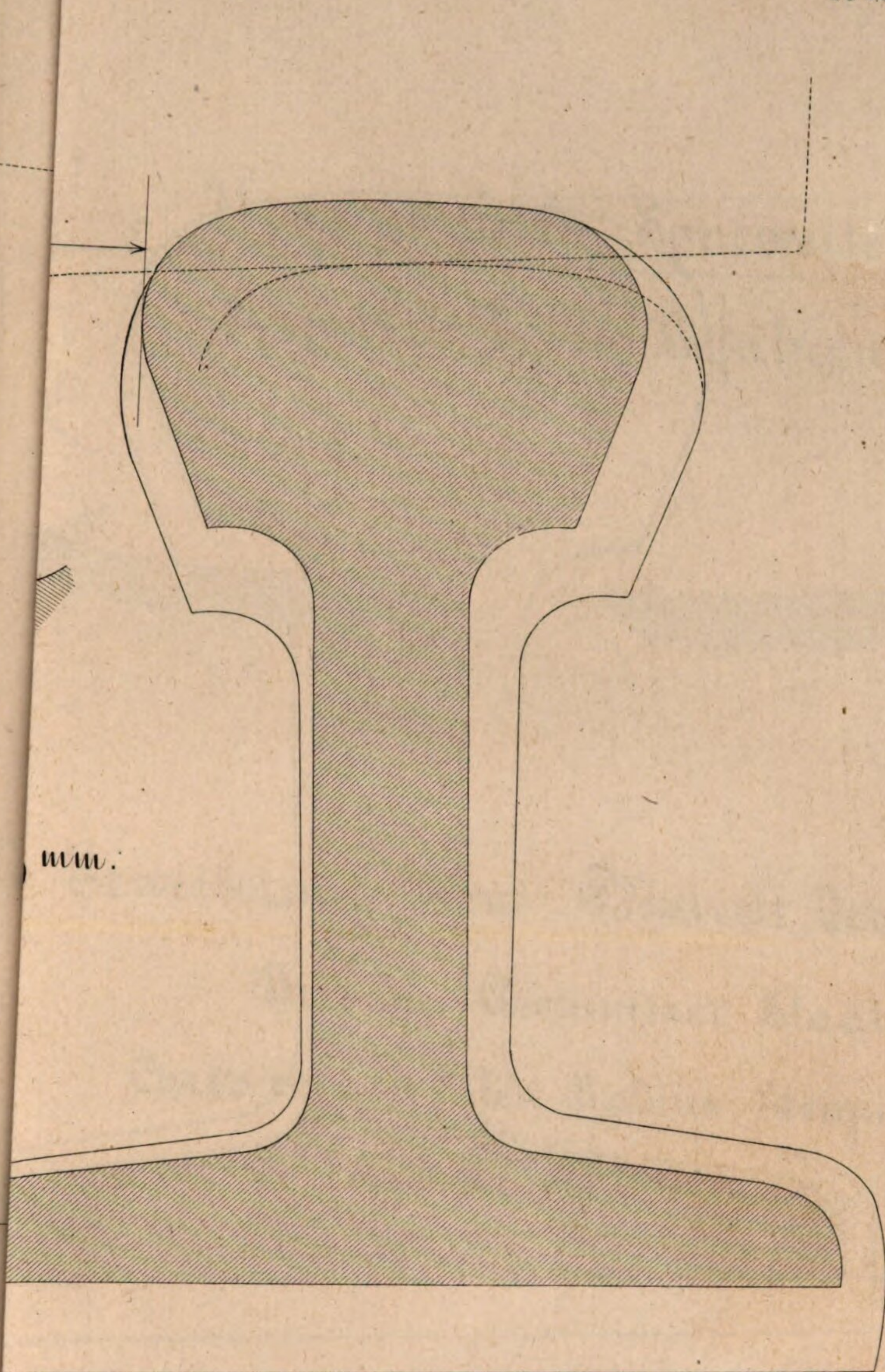
TAF. I.



m.



mm.



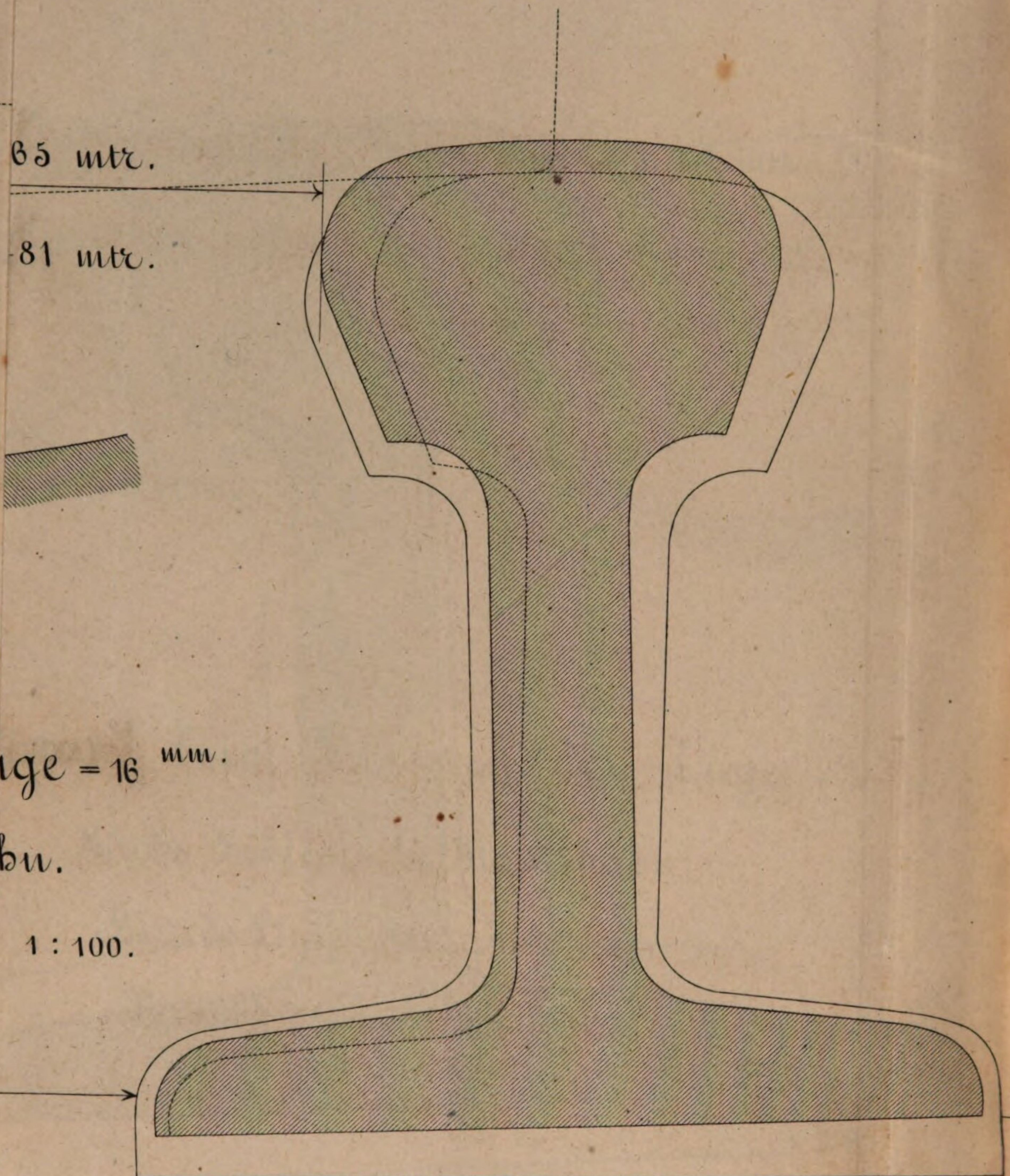
65 mtr.

81 mtr.

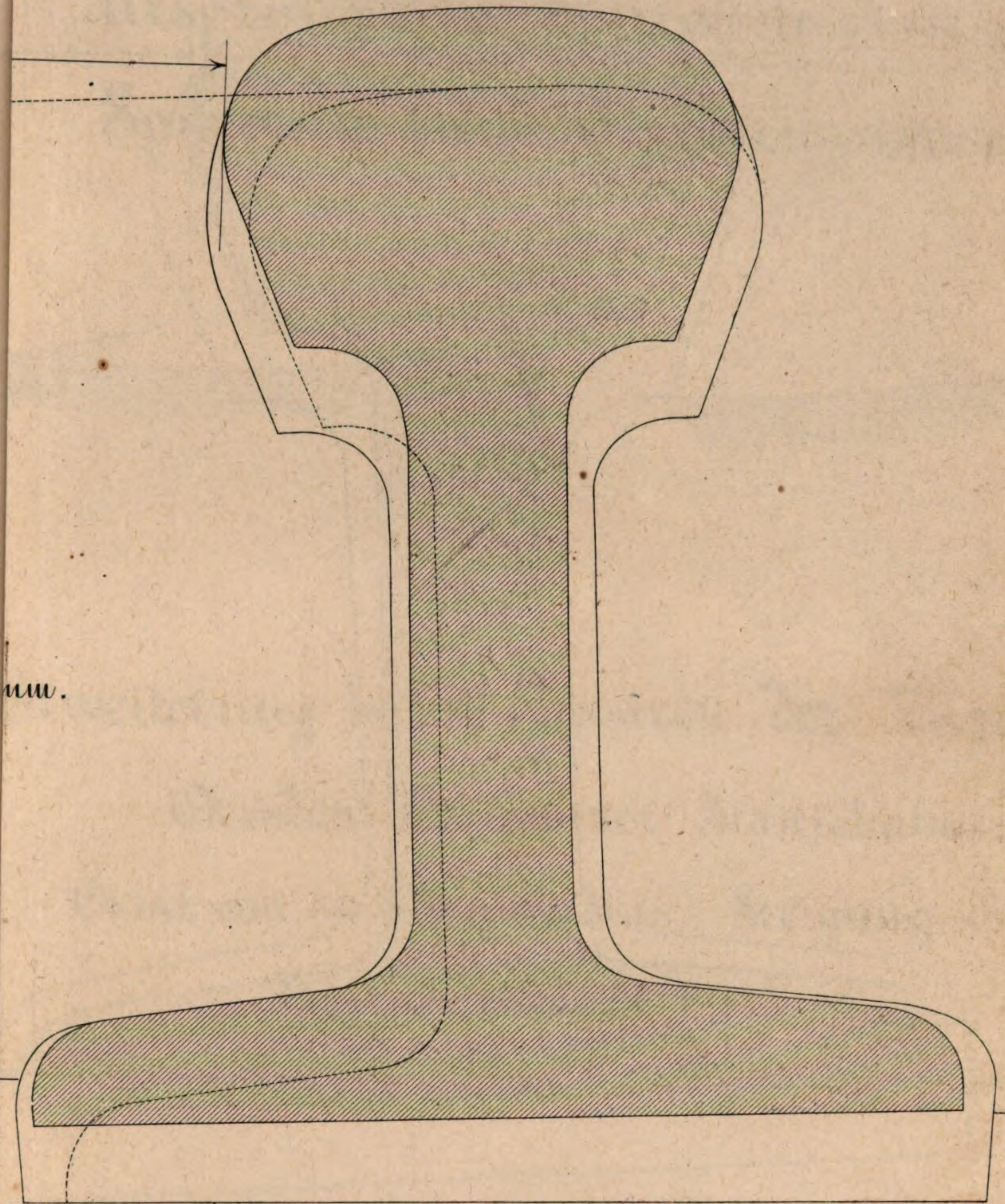
ige = 16 mm.

bu.

1 : 100.



TAF.V.

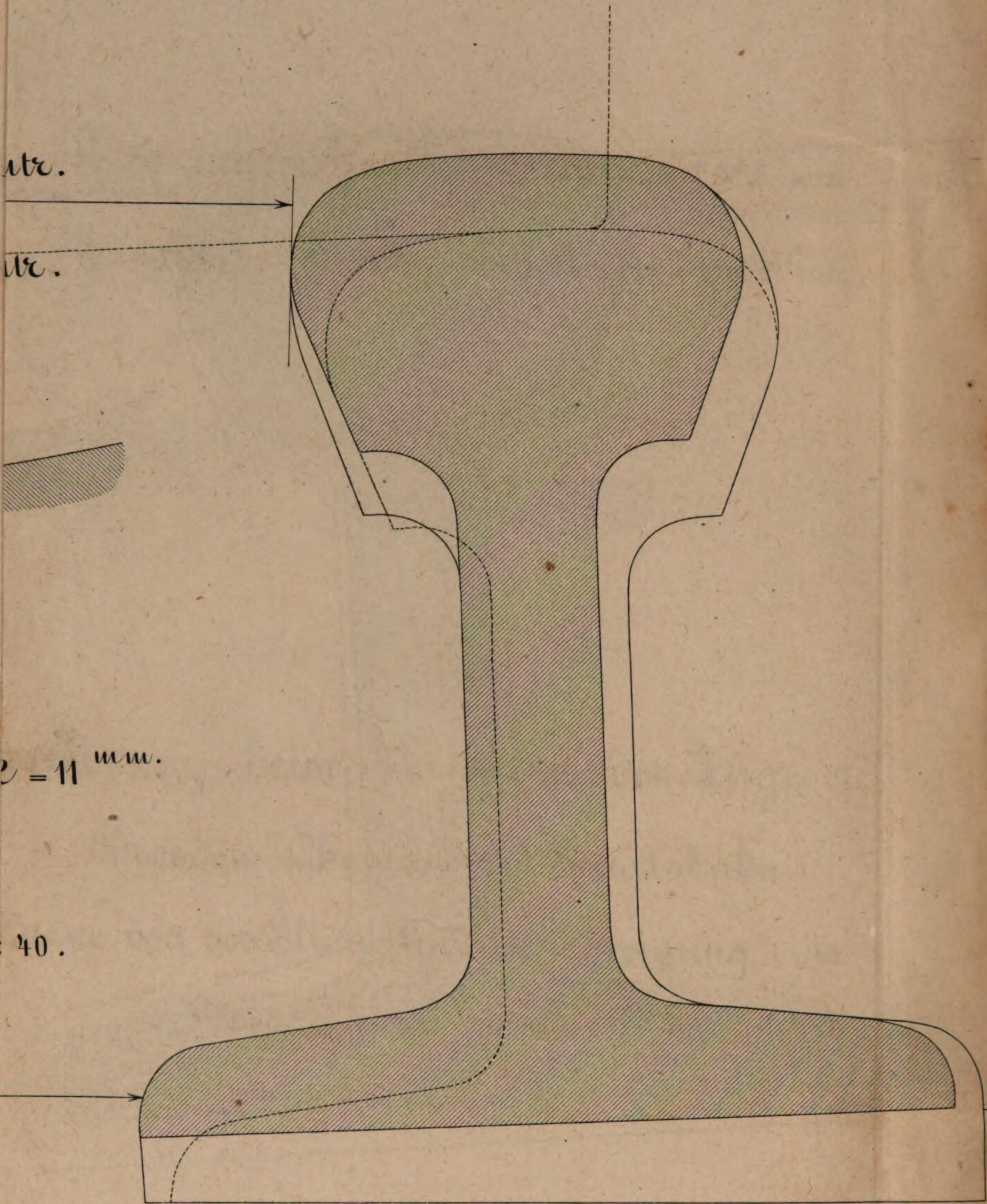


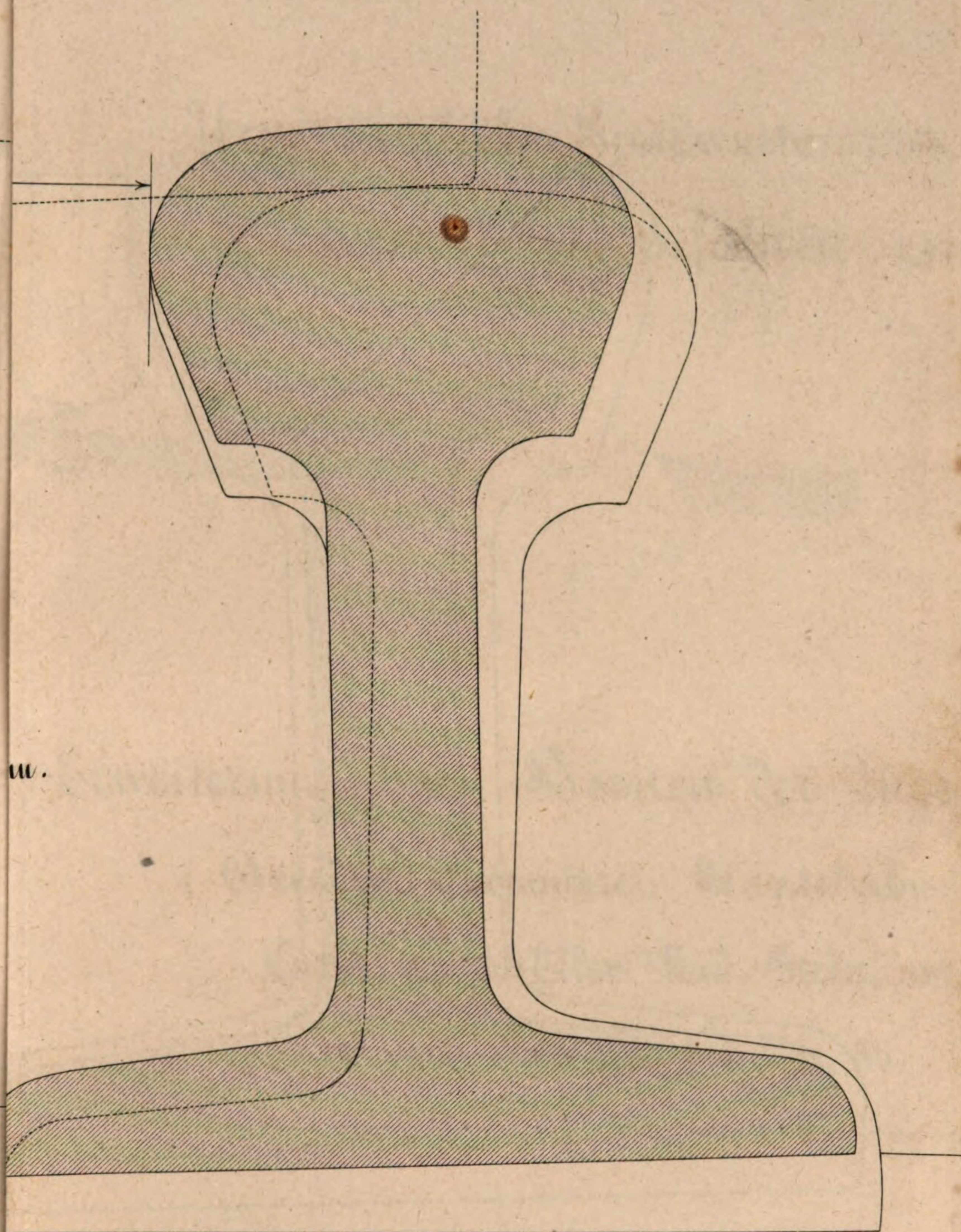
utr.

utr.

$\rho = 11 \text{ mm.}$

40.



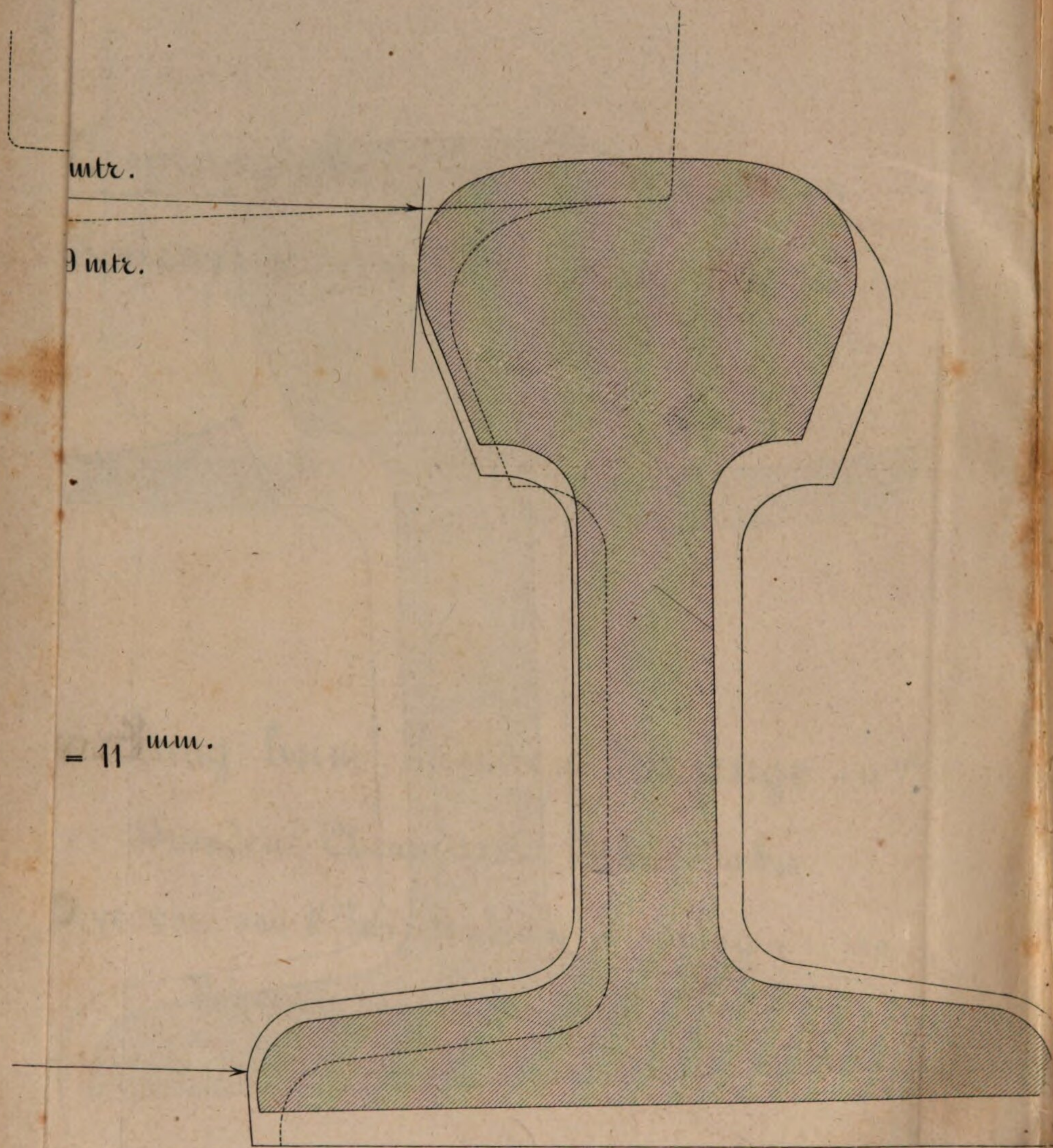


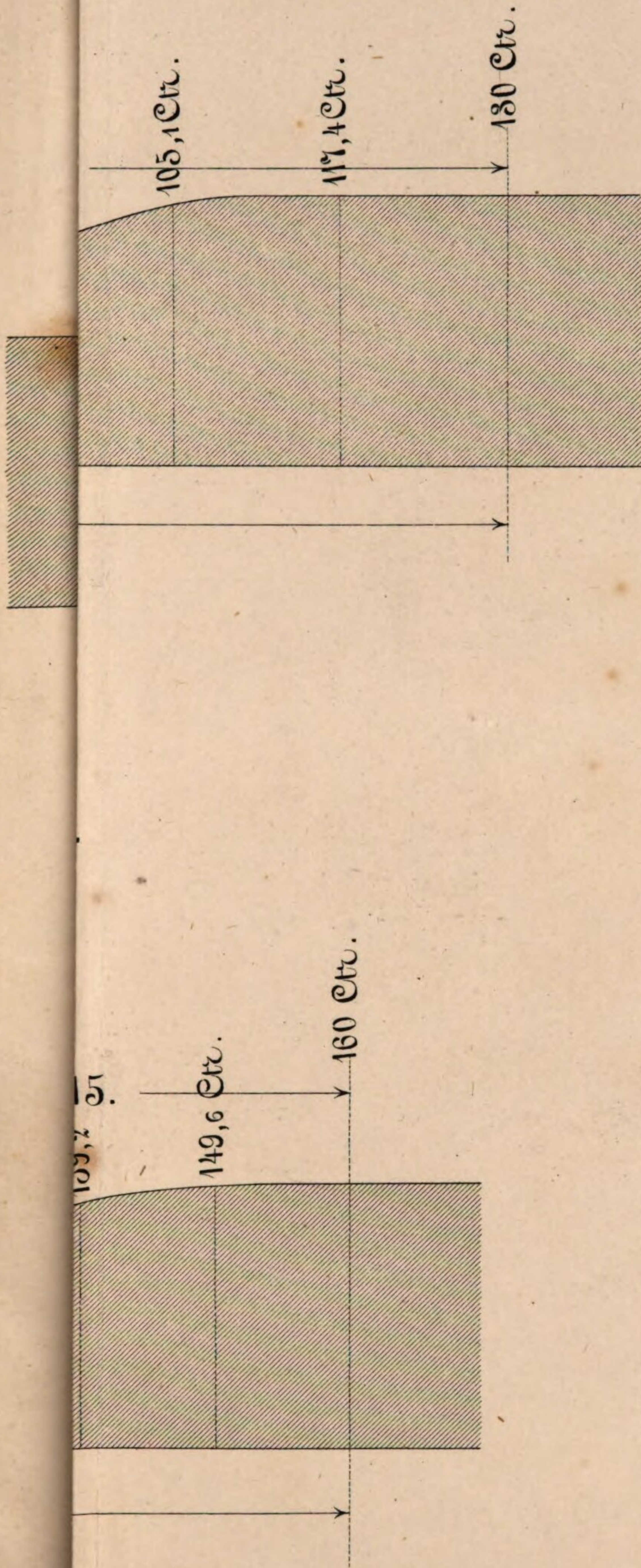
III.

utr.

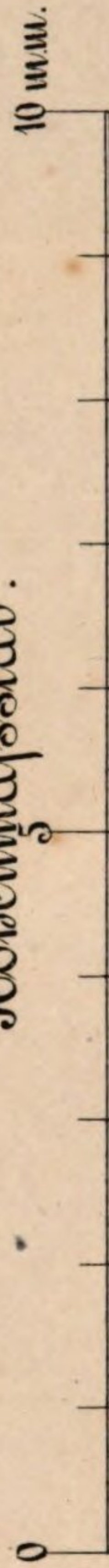
3 utr.

= 11 mm.

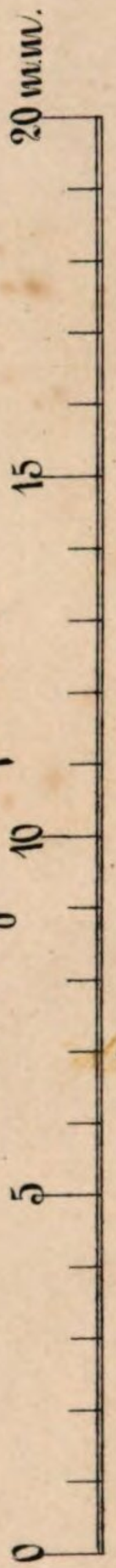




Höhenmaßstab.



Längenmaßstab.



Weber, Max Maria von,

Die Stabilität des Gefüges der Eisenbahn-Gleise historische und
experimentelle Ermittlungen

Weimar 1869

A.hydr. 1120

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10995159-5